

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 3 年   4 月   4 日  
Date of Application:

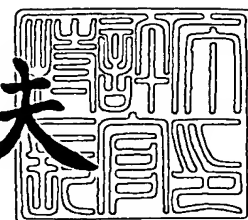
出 願 番 号            特 願 2 0 0 3 - 1 0 1 2 7 7  
Application Number:  
[ST. 10/C] :            [ J P 2 0 0 3 - 1 0 1 2 7 7 ]

出      願      人            ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・テクノロジー・カンパニー・エルエルシー  
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 2 月   4 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫





【書類名】 特許願

【整理番号】 16CT03006

【提出日】 平成15年 4月 4日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 A61B 6/03

【請求項の数】 13

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都日野市旭が丘四丁目 7 番地の 1 2 7 ジーイー横  
河メディカルシステム株式会社内

    【氏名】 谷川 俊一郎

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都日野市旭が丘四丁目 7 番地の 1 2 7 ジーイー横  
河メディカルシステム株式会社内

    【氏名】 貫井 正健

【特許出願人】

    【識別番号】 300019238

    【氏名又は名称】 ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・テク  
ノロジー・カンパニー・エルエルシー

【代理人】

    【識別番号】 100094053

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 佐藤 隆久

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 014890

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1



【包括委任状番号】 0015132

【プルーフの要否】 要



【書類名】 明細書

【発明の名称】 X線CT装置における補正係数算出方法、ビームハードニング後処理方法およびX線CT装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

X線管とX線検出器との間の撮像領域に、断面が楕円のファントムを位置させて多方向から複数のビューを撮像し、

該撮像結果を用いて被検体の撮影情報を補正する補正係数を算出する、

X線CT装置における補正係数算出方法。

【請求項 2】

X線管とX線検出器との間の撮像領域に、断面が環状で厚さがほぼ均一のファントムを位置させて一方向または多方向から複数のビューを撮像し、

前記撮像結果を用いて被検体の撮影情報を補正する補正係数を算出する、

X線CT装置における補正係数算出方法。

【請求項 3】

X線管とX線検出器との間の撮像領域に断面が楕円の第1のファントムを位置させて多方向から複数のビューを撮像し、該撮像結果を用いて被検体の撮影情報を補正する第1の補正係数を算出し、

前記撮像領域に断面が環状で厚さがほぼ均一の第2のファントムを位置させて一方向または多方向から複数のビューを撮像し、前記撮像結果を用いて被検体の撮影情報を補正する第2補正係数を算出し、

前記第1の補正係数および前記第2の補正係数から最終的に被検体の撮影情報を補正する最終の補正係数を算出する、

X線CT装置における補正係数算出方法。

【請求項 4】

前記最終の補正係数は、前記第1の補正係数と前記第2の補正係数の平均値として算出する、

請求項1記載のX線CT装置における補正係数算出方法。

【請求項 5】



X線管とX線検出器との間の撮像領域に断面が楕円の第1のファントムを位置させて多方向から複数のビューを撮像し、該撮像結果を用いて被検体の撮影情報を補正する第1の補正係数を算出し、

前記撮像領域に断面が環状で厚さがほぼ均一の第2のファントムを位置させて一方向または多方向から複数のビューを撮像し、前記撮像結果を抽出し、該抽出した有効撮像結果を用いて被検体の撮影情報を補正する第2補正係数を算出し、

前記撮像領域に断面が円形の第3のファントムを位置させて一方向または多方向から複数のビューを撮像し、該撮像結果を用いて被検体の撮影情報を補正する第3補正係数を算出し、

前記第1の補正係数～前記第3の補正係数から最終的に被検体の撮影情報を補正する最終の補正係数を算出する、

X線CT装置における補正係数算出方法。

#### 【請求項6】

前記最終の補正係数は、前記第1の補正係数～前記第3の補正係数の平均値として算出する、

請求項5記載のX線CT装置における補正係数算出方法。

#### 【請求項7】

請求項1～6いずれか記載の前記補正係数算出方法を行い、その補正係数を用いて被検体の撮像情報を補正することを特徴とする、X線CT装置。

#### 【請求項8】

X線管とX線検出器との間の撮像領域に、断面が楕円のファントムを位置させて、一方向または多方向から複数のビューを撮像した第1の投影情報から1つのサイノグラムを取得し、

前記第1の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第2の投影情報を生成し、

前記第2の投影情報に第1の関数フィッティングを行って第3の投影情報を生成し、

前記第2の投影情報を構成する前記X線検出器の各チャンネルで、全ての前記ビューにおける前記第2の投影情報の値を独立変数として、前記第3の投影情報の



値を第 2 の関数フィッティングし、

前記第 2 の関数フィッティングにより求まる補正係数を用いて、前記撮像領域に載置される被検体の投影情報を補正する、

X線 CT 装置におけるビームハードニング後処理方法。

【請求項 9】

X線 CT 装置の X 線管と X 線検出器との間の撮像領域に、断面が環状で厚さがほぼ均一のファントムを位置させて一方向または多方向から複数のビューを撮像し、前記投影結果を抽出し、その投影情報から 1 つのサイノグラムを取得し、

前記投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第 2 の投影情報を生成し、

前記第 2 の投影情報に第 1 の関数フィッティングを行って第 3 の投影情報を生成し、

前記第 2 の投影情報を構成する前記 X 線検出器の各チャンネルで、全ての前記ビューにおける前記第 2 の投影情報の値を独立変数として、前記第 3 の投影情報の値を第 2 の関数フィッティングし、

前記第 2 の関数フィッティングにより求まる補正係数を用いて、前記撮像領域に載置される被検体の投影情報を補正する、

X線 CT 装置におけるビームハードニング後処理方法。

【請求項 10】

X 線管と X 線検出器との間の撮像領域に、断面が楕円の第 1 のファントムを位置させて、一方向または多方向から複数のビューを撮像した第 1 の投影情報から 1 つのサイノグラムを取得し、

前記第 1 の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第 2 の投影情報を生成し、

前記第 2 の投影情報に第 1 の関数フィッティングを行って第 3 の投影情報を生成し、

前記第 2 の投影情報を構成する前記 X 線検出器の各チャンネルで、全ての前記ビューにおける前記第 2 の投影情報の値を独立変数として、前記第 3 の投影情報の値を第 2 の関数フィッティングし、



前記第2の関数フィッティングにより第1の補正係数を算出し、

前記撮像領域に、断面が環状で厚さがほぼ均一の第2のファントムを位置させて一方向または多方向から複数のビューを撮像し、その投影情報から1つのサイノグラムを取得し、

前記第1の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第2の投影情報を生成し、

前記第2の投影情報に第1の関数フィッティングを行って第3の投影情報を生成し、

前記第2の投影情報を構成する前記X線検出器の各チャンネルで、全ての前記ビューにおける前記第2の投影情報の値を独立変数として、前記第3の投影情報の値を第2の関数フィッティングし、

前記第2の関数フィッティングにより第2の補正係数を算出し、

前記第1の補正係数および前記第2の補正係数から最終的に被検体の撮影情報を補正する最終の補正係数を算出し、

前記最終の補正係数を用いて、前記撮像領域に載置される被検体の投影情報を補正する、

X線CT装置におけるビームハードニング後処理方法。

#### 【請求項11】

X線管とX線検出器との間の撮像領域に、断面が楕円の第1のファントムを位置させて、一方向または多方向から複数のビューを撮像した第1のファントムについての第1の投影情報から1つのサイノグラムを取得し、

前記第1の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第1のファントムについての第2の投影情報を生成し、

前記第2の投影情報に第1の関数フィッティングを行って第1のファントムについての第3の投影情報を生成し、

前記第1のファントムについての第2の投影情報を構成する前記X線検出器の各チャンネルで、全ての前記ビューにおける前記第2の投影情報の値を独立変数として、前記第1のファントムについての第3の投影情報の値を第2の関数フィッティングし、

前記第2の関数フィッティングにより第1のファントムについての第1の補正係数を算出し、

前記撮像領域に、断面が環状で厚さがほぼ均一の第2のファントムを位置させて一方向または多方向から複数のビューを撮像し、当該複数のビューのうち透過量が所定値を越えるものは除外して有効投影結果を抽出し、その第1の投影情報から1つのサイノグラムを取得し、

前記第2のファントムについての第1の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第2のファントムについての第2の投影情報を生成し、

前記第2の投影情報に第1の関数フィッティングを行って第2のファントムについての第3の投影情報を生成し、

前記第2のファントムについての第2の投影情報を構成する前記X線検出器の各チャンネルで、全ての前記ビューにおける前記第2のファントムについての第2の投影情報の値を独立変数として、前記第2のファントムについての第3の投影情報の値を第2の関数フィッティングし、

前記第2の関数フィッティングにより第2のファントムについての第2の補正係数を算出し、

前記第1の補正係数および前記第2の補正係数から最終的に被検体の撮影情報を補正する最終の補正係数を算出し、

前記最終の補正係数を用いて、前記撮像領域に載置される被検体の投影情報を補正する、

X線CT装置におけるビームハードニング後処理方法。

#### 【請求項12】

X線管とX線検出器との間の撮像領域に断面が楕円の第1のファントムを位置させて一方向または多方向から複数のビューを撮像した第1のファントムについての第1の投影情報から1つのサイノグラムを取得し、

前記第1の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第1のファントムについての第2の投影情報を生成し、

前記第2の投影情報に第1の関数フィッティングを行って第1のファントムについての第3の投影情報を生成し、





前記第1のファントムについての第2の投影情報を構成する前記X線検出器の各チャンネルで、全ての前記ビューにおける前記第2の投影情報の値を独立変数として、前記第1のファントムについての第3の投影情報の値を第2の関数フィッティングし、

前記第2の関数フィッティングにより第1のファントムについての第1の補正係数を算出し、

前記撮像領域に断面が環状で厚さがほぼ均一の第2のファントムを位置させて一方向または多方向から複数のビューを撮像し、その投影情報から1つのサイノグラムを取得し、

前記第2のファントムについての第1の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第2のファントムについての第2の投影情報を生成し、

前記第2の投影情報に第1の関数フィッティングを行って第2のファントムについての第3の投影情報を生成し、

前記第2のファントムについての第2の投影情報を構成する前記X線検出器の各チャンネルで、全ての前記ビューにおける前記第2のファントムについての第2の投影情報の値を独立変数として、前記第2のファントムについての第3の投影情報の値を第2の関数フィッティングし、

前記第2の関数フィッティングにより第2のファントムについての第2の補正係数を算出し、

前記撮像領域に断面が円形の第3のファントムを位置させて一方向または多方向から複数のビューを撮像し、該複数のビューを撮像した第3のファントムについての第1の投影情報から1つのサイノグラムを取得し、

前記第1の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第3のファントムについての第2の投影情報を生成し、

前記第2の投影情報に第1の関数フィッティングを行って第3のファントムについての第3の投影情報を生成し、

前記第3のファントムについての第2の投影情報を構成する前記X線検出器の各チャンネルで、全ての前記ビューにおける前記第2の投影情報の値を独立変数として、前記第3のファントムについての第3の投影情報の値を第2の関数フィッ

ティングし、

前記第 2 の関数フィッティングにより前記第 3 のファントムについての第 3 の補正係数を算出し、

前記第 1 の補正係数～前記第 3 の補正係数から最終的に被検体の撮影情報を補正する最終の補正係数を算出し、

前記最終の補正係数を用いて、前記撮像領域に載置される被検体の投影情報を補正する、

X 線 C T 装置におけるビームハードニング後処理方法。

#### 【請求項 1 3】

請求項 8 ～ 1 2 いずれか記載の前記ビームハードニング後処理方法を行い、その補正係数を用いて被検体の撮像情報を補正することを特徴とする、

X 線 C T 装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【 0 0 0 1 】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、ファントムデータに基づいて被検体の透過強度を補正（校正）するビームハードニング（beam hardening：BH）方法およびそれを用いた C T 装置に関する。

##### 【 0 0 0 2 】

#### 【従来の技術】

C T 装置として X 線 C T 装置を例示する。

X 線 C T 装置で用いられる X 線源は、あるエネルギー幅を持った X 線を出力する。被検体を透過する X 線の線吸収係数は、X 線エネルギーに依存しており、被検体の透過長さが長い程、平均エネルギーが高い方向に移動するというビームハードニング（BH）効果を呈する。よって、X 線の透過強度、すなわち、X 線 C T 装置における X 線検出器で検出した信号から生成する投影情報値と、透過長さとは比例関係が成立せず、非線形の関係となる。

##### 【 0 0 0 3 】

BH 効果は、X 線 C T 装置における再構成画像上では、中央部分の強度が低下

するカッピング効果を生じさせるので、X線検出器の検出信号を補正する必要がある、均一な強度の再構成画像を生成する投影情報値の補正係数をX線検出器のチャンネルごとに求めることにより補正が行なわれる。

#### 【0004】

さらに高精度の補正を行うためにファントムを用いた補正を行なう。そのようなファントムとしては、撮像中心に配置されるF O V（撮像領域）全体を概ね覆う直径で、かつ直径の異なる複数の断面が円形で円筒形状のファントムについて撮像し、これらファントムの投影情報から補正件数の補正を精密化することが行われる（例えば、特許文献1参照。）。

#### 【0005】

##### 【特許文献1】

特開平7-171145号公報

#### 【0006】

##### 【発明が解決しようとする課題】

上記方法では投影情報取得の際に、大きくて配置に手間取る、断面が円形で異なる直径を持つ複数のファントムを、繰り返し撮像するので長時間かかる上、投影情報値に上述したビームハードニング効果に起因する非線形効果も考慮した高精度の補正を行うことが出来なかった。

#### 【0007】

さらに、高精度な投影情報値の補正を行うには、チャンネルごとに異なる大きさの投影情報値が多数必要とされるので、X線管とX線検出器との間の撮像領域中心に配置される、断面が円形の多種類の直径のファントムを撮像する必要があった。

特に、X線CT装置のキャリブレーション（校正）情報の取得においては、2～3個の20cm～50cm径を有する断面が円形のファントムを用いて、100分を越える撮影を前記補正の精密化だけの為に行う必要があり、校正処理に時間と労力がかかっている。

#### 【0008】

本発明は、ビームハードニング（BH）効果のチャンネルごとの補正を、簡易に

しかも非線形効果も考慮して精密化できる、校正情報の取得、ビームハードニング後処理方法およびX線CT装置を提供することを目的とする。

#### 【0 0 0 9】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明の第1の観点によれば、X線管とX線検出器との間の撮像領域に、断面が楕円のファントムを位置させて多方向から複数のビューを撮像し、該撮像結果を用いて被検体の撮影情報を補正する補正係数を算出する、X線CT装置における補正係数算出方法が提供される。

#### 【0 0 1 0】

本発明の第2の観点によれば、X線管とX線検出器との間の撮像領域に、断面が環状で厚さがほぼ均一のファントムを位置させて一方向または多方向から複数のビューを撮像し、該複数のビューのうち透過量が所定値を越えるものは除外して有効撮像結果を抽出し、該抽出した有効撮像結果を用いて被検体の撮影情報を補正する補正係数を算出する、X線CT装置における補正係数算出方法が提供される。

#### 【0 0 1 1】

本発明の第3の観点によれば、X線管とX線検出器との間の撮像領域に断面が楕円の第1のファントムを位置させて一方向または多方向から複数のビューを撮像し、該撮像結果を用いて被検体の撮影情報を補正する第1の補正係数を算出し、前記撮像領域に断面が環状で厚さがほぼ均一の第2のファントムを位置させて一方向または多方向から複数のビューを撮像し、該複数のビューのうち透過量が所定値を越えるものは除外して有効撮像結果を抽出し、該抽出した有効撮像結果を用いて被検体の撮影情報を補正する第2補正係数を算出し、前記第1の補正係数および前記第2の補正係数から最終的に被検体の撮影情報を補正する最終の補正係数を算出する、X線CT装置における補正係数算出方法が提供される。

#### 【0 0 1 2】

本発明の第4の観点によれば、X線管とX線検出器との間の撮像領域に断面が楕円の第1のファントムを位置させて一方向または多方向から複数のビューを撮像し、該撮像結果を用いて被検体の撮影情報を補正する第1の補正係数を算出し

、前記撮像領域に断面が環状で厚さがほぼ均一の第 2 のファントムを位置させて一方向または多方向から複数のビューを撮像し、該複数のビューのうち透過量が所定値を越えるものは除外して有効撮像結果を抽出し、該抽出した有効撮像結果を用いて被検体の撮影情報を補正する第 2 補正係数を算出し、前記撮像領域に断面が円形の第 3 のファントムを位置させて一方向または多方向から複数のビューを撮像し、該撮像結果を用いて被検体の撮影情報を補正する第 3 補正係数を算出し、前記第 1 の補正係数～前記第 3 の補正係数から最終的に被検体の撮影情報を補正する最終の補正係数を算出する、X 線 C T 装置における補正係数算出方法が提供される。

#### 【 0 0 1 3 】

本発明の第 5 の観点によれば、上記いずれかの補正係数算出方法を行い、その補正係数を用いて被検体の撮像情報を補正することを特徴とする、X 線 C T 装置が提供される。

#### 【 0 0 1 4 】

本発明の第 6 の観点によれば、X 線管と X 線検出器との間の撮像領域に、断面が楕円のファントムを位置させて、一方向または多方向から複数のビューを撮像した第 1 の投影情報から 1 つのサイノグラムを取得し、前記第 1 の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第 2 の投影情報を生成し、前記第 2 の投影情報に第 1 の関数フィッティングを行って第 3 の投影情報を生成し、前記第 2 の投影情報を構成する前記 X 線検出器の各チャンネルで、全ての前記ビューにおける前記第 2 の投影情報の値を独立変数として、前記第 3 の投影情報の値を第 2 の関数フィッティングし、前記第 2 の関数フィッティングにより求まる補正係数を用いて、前記撮像領域に載置される被検体の投影情報を補正する、X 線 C T 装置におけるビームハードニング後処理方法が提供される。

#### 【 0 0 1 5 】

本発明の第 7 の観点によれば、X 線 C T 装置の X 線管と X 線検出器との間の撮像領域に、断面が環状で厚さがほぼ均一のファントムを位置させて一方向または多方向から複数のビューを撮像し、その投影情報から 1 つのサイノグラムを取得し、前記第 1 の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第 2 の投影情報

を生成し、前記第2の投影情報に第1の関数フィッティングを行って第3の投影情報を生成し、前記第2の投影情報を構成する前記X線検出器の各チャンネルで、全ての前記ビューにおける前記第2の投影情報の値を独立変数として、前記第3の投影情報の値を第2の関数フィッティングし、前記第2の関数フィッティングにより求まる補正係数を用いて、前記撮像領域に載置される被検体の投影情報を補正する、X線CT装置におけるビームハードニング後処理方法が提供される。

#### 【0016】

本発明の第8の観点によれば、X線管とX線検出器との間の撮像領域に、断面が楕円の第1のファントムを位置させて、一方向または多方向から複数のビューを撮像した第1の投影情報から1つのサイノグラムを取得し、前記第1の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第2の投影情報を生成し、前記第2の投影情報に第1の関数フィッティングを行って第3の投影情報を生成し、前記第2の投影情報を構成する前記X線検出器の各チャンネルで、全ての前記ビューにおける前記第2の投影情報の値を独立変数として、前記第3の投影情報の値を第2の関数フィッティングし、前記第2の関数フィッティングにより第1の補正係数を算出し、前記撮像領域に、断面が環状で厚さがほぼ均一の第2のファントムを位置させて一方向または多方向から複数のビューを撮像し、前記投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第2の投影情報を生成し、前記第2の投影情報に第1の関数フィッティングを行って第3の投影情報を生成し、前記第2の投影情報を構成する前記X線検出器の各チャンネルで、全ての前記ビューにおける前記第2の投影情報の値を独立変数として、前記第3の投影情報の値を第2の関数フィッティングし、前記第2の関数フィッティングにより第2の補正係数を算出し、前記第1の補正係数および前記第2の補正係数から最終的に被検体の撮影情報を補正する最終の補正係数を算出し、前記最終の補正係数を用いて、前記撮像領域に載置される被検体の投影情報を補正する、X線CT装置におけるビームハードニング後処理方法が提供される。

#### 【0017】

本発明の第9の観点によれば、X線管とX線検出器との間の撮像領域に、断面が楕円の第1のファントムを位置させて、一方向または多方向から複数のビュー

を撮像した第1のファントムについての第1の投影情報から1つのサイノグラムを取得し、前記第1の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第1のファントムについての第2の投影情報を生成し、前記第2の投影情報に第1の関数フィッティングを行って第1のファントムについての第3の投影情報を生成し、前記第1のファントムについての第2の投影情報を構成する前記X線検出器の各チャンネルで、全ての前記ビューにおける前記第2の投影情報の値を独立変数として、前記第1のファントムについての第3の投影情報の値を第2の関数フィッティングし、前記第2の関数フィッティングにより第1のファントムについての第1の補正係数を算出し、前記撮像領域に、断面が環状で厚さがほぼ均一の第2のファントムを位置させて一方向または多方向から複数のビューを撮像し、その投影情報から1つのサイノグラムを取得し、前記第2のファントムについての投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第2のファントムについての第2の投影情報を生成し、前記第2の投影情報に第1の関数フィッティングを行って第2のファントムについての第3の投影情報を生成し、前記第2のファントムについての第2の投影情報を構成する前記X線検出器の各チャンネルで、全ての前記ビューにおける前記第2のファントムについての第2の投影情報の値を独立変数として、前記第2のファントムについての第3の投影情報の値を第2の関数フィッティングし、前記第2の関数フィッティングにより第2のファントムについての第2の補正係数を算出し、前記第1の補正係数および前記第2の補正係数から最終的に被検体の撮影情報を補正する最終の補正係数を算出し、前記最終の補正係数を用いて、前記撮像領域に載置される被検体の投影情報を補正する、X線CT装置におけるビームハードニング後処理方法が提供される。

#### 【0018】

本発明の第10の観点によれば、X線管とX線検出器との間の撮像領域に断面が楕円の第1のファントムを位置させて一方向または多方向から複数のビューを撮像した第1のファントムについての第1の投影情報から1つのサイノグラムを取得し、

前記第1の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第1のファントムについての第2の投影情報を生成し、前記第2の投影情報に第1の関数フィッテ

ィングを行って第1のファントムについての第3の投影情報を生成し、前記第1のファントムについての第2の投影情報を構成する前記X線検出器の各チャンネルで、全ての前記ビューにおける前記第2の投影情報の値を独立変数として、前記第1のファントムについての第3の投影情報の値を第2の関数フィッティングし、前記第2の関数フィッティングにより第1のファントムについての第1の補正係数を算出し、前記撮像領域に断面が環状で厚さがほぼ均一の第2のファントムを位置させて一方向または多方向から複数のビューを撮像し、その投影情報から1つのサイノグラムを取得し、前記第2のファントムについての第1の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第2のファントムについての第2の投影情報を生成し、前記第2の投影情報に第1の関数フィッティングを行って第2のファントムについての第3の投影情報を生成し、前記第2のファントムについての第2の投影情報を構成する前記X線検出器の各チャンネルで、全ての前記ビューにおける前記第2のファントムについての第2の投影情報の値を独立変数として、前記第2のファントムについての第3の投影情報の値を第2の関数フィッティングし、前記第2の関数フィッティングにより第2のファントムについての第2の補正係数を算出し、前記撮像領域に断面が円形の第3のファントムを位置させて一方向または多方向から複数のビューを撮像し、該複数のビューを撮像した第3のファントムについての第1の投影情報から1つのサイノグラムを取得し、前記第1の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第3のファントムについての第2の投影情報を生成し、前記第2の投影情報に第1の関数フィッティングを行って第3のファントムについての第3の投影情報を生成し、前記第3のファントムについての第2の投影情報を構成する前記X線検出器の各チャンネルで、全ての前記ビューにおける前記第2の投影情報の値を独立変数として、前記第3のファントムについての第3の投影情報の値を第2の関数フィッティングし、前記第2の関数フィッティングにより前記第3のファントムについての第3の補正係数を算出し、前記第1の補正係数～前記第3の補正係数から最終的に被検体の撮像情報を補正する最終の補正係数を算出し、前記最終の補正係数を用いて、前記撮像領域に載置される被検体の投影情報を補正する、X線CT装置におけるビームハードニング後処理方法が提供される。



## 【0019】

本発明の第11の観点によれば、上記いずれかのビームハードニング後処理方法を行い、その補正係数を用いて被検体の撮像情報を補正することを特徴とする、X線CT装置が提供される。

## 【0020】

## 【発明の実施の形態】

以下に添付図面を参照して、本発明にかかるCT装置における補正係数算出方法、ビームハードニング後処理方法およびそれらを用いたCT装置の好適な実施の形態について説明する。

本実施の形態においてはCT装置として、照射線としてX線を用いるX線CT装置を例示する。

## 【0021】

X線CT装置の構成

図1を参照して本実施の形態にかかるX線CT装置の全体構成について述べる。図1に例示したX線CT装置は、本明細書における全ての実施の形態について適用される。

図1に図解したX線CT装置は、走査ガントリ2と、撮影テーブル4と、操作コンソール6を備えている。

## 【0022】

走査ガントリ

走査ガントリ2は、回転部34と回転部34を回転させる回転コントローラ36とを有する。

回転部34には、図3に断面を拡大して図解したように、ボア29を介して対向配置されたX線管20と、X線検出器24とが設けられている。回転部34にはさらに、ボータイルフィルタ21（図1においては図解を省略）、コリメータ22、コリメータコントローラ30、X線コントローラ28、データ収集部26が搭載されている。

検査時はボア29に被検体が位置し、校正時にはボア29は、図3に例示した断面が円形のファントム310のが位置する。ボア29に位置する被検体あるい

はファントムは、回転部 34 の中心に位置するボア 29 内のクレードル上に載置される。

#### 【0023】

回転部 34 は回転コントローラ 36 により制御されつつ回転する。この回転において、X線管 20 から X線検出器 24 に向かって X線を射出し、X線検出器 24 において被検体およびファントムの透過 X線を検出し、X線検出器 24 の検出結果をデータ収集部 26 が収集する。その収集結果が、操作コンソール 6 において各ビューごとの投影情報として処理される。

#### 【0024】

X線管 20 からの X線の照射は X線コントローラ 28 によって制御される。X線管 20 から放射された X線は、コリメータ 22 により、例えば扇状の X線ビーム、すなわちファンビーム X線となるように成形され、さらに、ポータイルフィルタ 21 により X線検出器 24 に向かう扇状に拡散する強度が X線検出器 24 全面にわたって平均化するように調整されて、ボア 29 を経由して X線検出器 24 に入射する。

コリメータ 22 は、コリメータコントローラ 30 によって制御される。

#### 【0025】

X線検出器 24 は、図 3 に図解したように、ファンビーム X線の広がり方向にアレイ状に配列された複数の X線検出素子を有する。このように、X線検出器 24 は、複数の X線検出素子をアレイ状に配列した、多チャネルの検出器として構成されており、全体として、円筒凹面状に湾曲した X線入射面を形成する。X線検出器 24 は、例えばシンチレータとフォトダイオードの組み合わせによって構成される。なお、X線検出器 24 としては、例えばカドミウム・テルル (CdTe) 等を利用した半導体 X線検出素子または Xe ガスを用いる電離箱型の X線検出素子であっても良い。

X線管 20、ポータイルフィルタ 21、コリメータ 22 および X線検出器 24 は、本発明における X線照射・検出装置を構成する。

#### 【0026】

X線検出器 24 にはデータ収集部 26 が接続されている。データ収集部 26 は

、X線検出器 2 4 の個々のX線検出素子の検出データを収集する。

#### 【 0 0 2 7 】

##### 操作コンソール

操作コンソール 6 は、データ処理装置 6 0、制御インタフェース 6 2、データ収集バッファ 6 4、記憶装置 6 6、表示装置 6 8、操作装置 7 0 を有する。

データ処理装置 6 0 は、例えばデータ演算処理機能の高いコンピュータによって構成される。データ処理装置 6 0 には制御インタフェース 6 2 が接続されている。

制御インタフェース 6 2 には走査ガントリ 2 き撮影テーブル 4 が接続されている。データ処理装置 6 0 は制御インタフェース 6 2 を通じて走査ガントリ 2 を制御する。すなわち、走査ガントリ 2 内のデータ収集部 2 6、X線コントローラ 2 8、コリメータコントローラ 3 0 および回転コントローラ 3 6 が制御インタフェース 6 2 をデータ処理装置 6 0 によって通じて制御される。

#### 【 0 0 2 8 】

データ処理装置 6 0 にはデータ収集バッファ 6 4 が接続されている。データ収集バッファ 6 4 には走査ガントリ 2 のデータ収集部 2 6 が接続されている。データ収集部 2 6 で収集されたデータがデータ収集バッファ 6 4 を通じてデータ処理装置 6 0 に入力される。

データ処理装置 6 0 は、データ収集バッファ 6 4 を通じて収集した透過X線信号すなわち投影情報を用いて画像再構成を行う。データ処理装置 6 0 には記憶装置 6 6 が接続されている。記憶装置 6 6 はデータ収集バッファ 6 4 に収集された投影情報や再構成された断層画像情報および本実施の形態のX線CT装置の機能を実現するためのプログラム等を記憶している。

#### 【 0 0 2 9 】

データ処理装置 6 0 には表示装置 6 8 と操作装置 7 0 がそれぞれ接続されている。表示装置 6 8 はデータ処理装置 6 0 から出力される断層画像情報やその他の情報を表示する。操作装置 7 0 はオペレータによって操作され、各種の指示や情報等をデータ処理装置 6 0 に入力する。オペレータは表示装置 6 8 および操作装置 7 0 を使用してインタラクティブに（対話方式で）本実施の形態のX線CT装

置を操作する。

#### 【0030】

##### 撮影テーブル 4

撮影テーブル 4 は、制御インタフェース 62 を介してデータ処理装置 60 に接続されており、X線 CT 装置を操作するための各種スイッチ、操作器具、操作コンソール 6 で処理した X 線 CT 画像を表示する表示装置などが搭載されている。

#### 【0031】

図 2 に、データ処理装置 60 の本実施の形態である、補正係数算出方法およびビームハードニング後処理方法に関連する部分のみの機能ブロック図を示す。

データ処理装置 60 は、本発明に係る部分を手段として整理すると、データ収集手段 201、前処理手段 202、前処理手段 202 で前処理したデータから補正係数を算出する補正係数算出し、記憶装置 66 の投影情報に対して行うビームハードニング補正処理を行なう BH 補正手段 203、第 1 のフィッティング手段 204、第 2 のフィッティング手段 205、判定手段 206、高次フィッティング手段 207、最終補正処理手段 208、および、画像再構成手段 209 を含む。

#### 【0032】

データ収集手段 201 は、ファントムについて X 線検出器 24 で検出した信号をデータ収集部 26 を介して収集して、記憶装置 66 に撮影情報として記憶する。

前処理手段 202 は、撮影情報についてビームハードニング補正する前の処理、たとえば、雑音除去処理を行なう。

BH 補正手段 203 は、各チャネルについて補正係数  $B_0 \sim B_3$  を算出して、補正係数テーブルとして記憶装置 66 に記憶し、その補正係数  $B_0 \sim B_3$  を用いて記憶装置 66 に記憶された投影情報に BH 補正を行う。X 線検出器 24 の各チャネルで取得される投影情報値を  $I_h$  とし、BH 補正した補正データを  $I_C$  とすると、BH 補正は次式により行われる。

#### 【0033】

$$I_C = B_0 \cdot I_h + B_1 \cdot I_h^2 + B_2 \cdot I_h^3 + B_3 \cdot I_h^4 \quad (1)$$

## 【0034】

第1のフィッティング手段204は、記憶装置66の投影情報の各チャネル方向および各ビュー間のデータの平滑化を行う。このフィッティングで求めた関数は、関数の次数を超える高周波成分は除去されるので平滑化と同等の効果を得る。

## 【0035】

第2のフィッティング手段205は、X線検出器24の1つのチャネルが取得する投影情報値および第1のフィッティング手段204により第1の関数フィッティングされた投影情報値の間に一次あるいは高次関数のフィッティングを行う。これにより、BH補正手段203で用いられる(1)式と同様の補正係数を得ることができる。

## 【0036】

判定手段206は補正精度を向上させるため、異なるファントムについて上述した処理を行なうか否かを判定する。

高次フィッティング手段207は、異なるファントムについて求めて補正係数を用いてさらに高度なフィッティングを行なう。

最終補正処理手段208は、以上のごとく得られた補正係数を用いて撮影情報について最終的な補正を行なう。

画像再構成手段209は、記憶装置66の複数ビューからなる投影情報であるサイノグラムを用いて、被検体あるいはファントム、たとえば、図2に図解した断面が円形のファントム310の断層画像を再構成する。画像再構成には、例えばフィルタード・バックプロジェクション法等が用いられ、表示装置68に再構成画像が表示される。

## 【0037】

第1実施の形態

本発明の第1実施の形態として、ボア29内に断面が円形のファントム310を用いた場合について述べる。特に、ファントム310をボア29の中心位置からずれた位置に配置した場合について述べる。

ファントム310は被検体である人体に組成に近似した材料で構成されている

。たとえば、ファントム 310 は、ポリプロピレン等の材質で作成された、円筒形状を有し、例えば径は 35 cm のものとする。

ボア 29 内に位置するファントム 310 についてのデータ収集、投影情報およびサイノグラムについて X 線 CT 装置の基本動作について述べる。

#### 【0038】

図 3 は走査ガントリ 2 のボア 29 内に配置された断面が円形のファントム 310 を示している。ファントム 310 は円形断面を有しており、その中心は、ボア 29 の撮像中心とは異なる場所に位置する。

X 線管 20 から照射された X 線はボータイルフィルタ 21 を透過したとき強度調整され（X 線検出器 24 のチャンネル方向について平滑化され）、さらにコリメータ 22 で成形された X 線ファンビームは、断面が円形のファントム 310 を透過して、X 線検出器 24 で検出される。

#### 【0039】

X 線検出器 24 は、X 線ファンビームの拡がり方向に複数の X 線検出素子がアレイ状に配列されており、アレイ状の各チャンネルでファントム 310 の投影情報を検出する。

#### 【0040】

図 4 はデータ処理装置 60 の各手段で行なう処理を示すフローチャートである。

##### ステップ 1：ファントムスキャン

オペレータはまず、ボア 29 内の所定位置に断面が円形のファントム 310 を配置する。ただし、ファントム 310 をボア 29 内の撮像中心からずれた位置に配置する。上述したように、断面が円形のファントム 310 は、ポリプロピレン等の材質で作成された、円筒形状を有し、例えば径は 35 cm のものとする。

データ処理装置 60 のデータ収集手段 201 は、断面が円形のファントム 310 を用いて、ファントムスキャンを行う。その結果、スキャンにより取得される第 1 の投影情報 601 が記憶装置 66 に記憶される。すなわち、X 線管 20、コリメータ 22 および X 線検出器 24 は、ボア 29 を中心にして対向配置されており、相対位置を変化すること無く、回転部 34 ごとボア 29 の周り回転するとき

、データ収集部 26 を介してデータ処理装置 60 のデータ収集手段 201 が投影情報の取得を行い、記憶装置 66 に記憶する。

このように、データ処理装置 60 のデータ収集手段 201 は、回転角度に対応したビュー番号ごとに、前記投影情報を取得し、一枚のサイノグラムを生成して記憶装置 66 に記憶する。

#### 【0041】

図 5 (A) は、断面が円形のファントム 310 を用いた場合のサイノグラムの一例を示した図である。サイノグラムは、チャンネルの中心近傍に存在する投影情報部およびチャンネルの周辺に存在する空気データ部とからなる。断面が円形のファントム 310 は、撮像中心からずれて配置されるので、投影情報部のチャンネル幅の位置は、回転部 34 の回転、すなわちビュー番号の変化と共に位置を変化させ、図 5 (A) に図解のようにビュー番号方向に蛇行する。同様の理由により、ビュー番号の変化と共に、投影情報部のチャンネル幅も変化する。

#### 【0042】

図 5 (B) は、図 5 (A) のビュー番号が  $j$  である投影情報を、横軸をチャンネル番号、縦軸を投影情報値として表示した図である。投影情報値は、断面が円形のファントム 310 を透過する X 線ビームの透過長さに比例するので、ファントム 310 の中心近傍を透過する X 線は、透過長さが長く、高い投影情報値を示し、ファントム 310 の周辺近傍を透過する X 線は、透過長さが短く、低い投影情報値を示し、図 5 (B) の様な半円形の投影像を示す。

#### 【0043】

一例として、ビュー番号が  $j$ 、チャンネル番号が  $i$  の投影情報値を示す。

図 3 に点線で示した X 線ビームは、ビュー番号  $j$  の場合に、X 線検出器 24 のチャンネル番号 1 に入射する。この際、X 線ビームが断面が円形のファントム 310 内を透過する長さを  $l$  (小文字のエル) とする。この長さ  $l$  と、図 5 (B) のチャンネル  $i$  の投影情報値  $h$  は下記のごとく比例している。すなわち、 $l \propto h$ 。

図 3 において、断面が円形のファントム 310 は、撮像中心からずれた位置に位置しているので、チャンネル  $i$  の透過長さ  $l$  は、ビューごとに変化し、図 5 (B) に示したチャンネル  $i$  の投影情報値  $h$  もビューごとに変化する。

## 【0044】

図5 (C) は、図5 (A) のチャンネル番号が  $i$  の投影情報値を、横軸をビュー番号、縦軸を投影情報値として表示したものである。投影情報値は、ビュー番号ごとに異なる、断面が円形のファントム 310 を透過する X 線ビームの透過長さに比例するので、図5 (C) に示した様な周期性のある特性を示す。

## 【0045】

ステップ2：前処理

図6 は、本動作の際に生成される、記憶装置 66 に記憶される、中間的な投影情報のファイルを示す。

データ処理装置 60 の前処理手段 202 は、第1の投影情報からなるサイノグラムに対して、ノイズ (noise) 除去および感度補正等の前処理を行う。

## 【0046】

ステップ3：ビームハードニング補正

データ処理装置 60 の BH 補正手段 203 は、(1) 式を用いて、投影情報値  $I_h$  に BH 補正を行い、補正された投影情報値  $I_c$  を求める。その結果が記憶装置 66 に図6 に示す第2の投影情報として記憶される。このファイルでは、BH 効果は概ね除去されるが、X 線検出器 24 の個々のチャンネルごとのばらつきに起因する若干の BH 効果が残存する。図7 (A) に第2の投影情報の例を模式的に示した。概ね円形ファントムの投影情報である半円形の形状を有しているが、チャンネルによっては、X 線感度の違い等により、パルス状に投影情報値  $I_c$  が変化する。これらは、チャンネル固有の現象であるのでチャンネルごとに補正する必要がある。また、図8 (A) に第2の投影情報の1つのチャンネルのビュー方向の投影情報値の例を模式的に示した。ビュー番号によっては、投影情報値  $I_c$  がパルス状に変化する。

## 【0047】

ステップ4：チャンネル方向の平滑化处理

データ処理装置 60 の第1のフィッティング手段 204 は、第2の投影情報 602 を用いて、まず、チャンネル方向の平滑化を行う。その結果が図6 に示す第3Aの投影情報 603 として記憶装置 66 に記憶される。この投影情報では、チャ



ネルごとのばらつきに起因する投影情報値  $I_c$  が平滑化されて除去される。

図 7 (B) に第 3 A の投影情報の例を模式的に示した。円形ファントムの投影情報である半円形の形状のみが投影情報として求まる。

#### 【0048】

##### ステップ 5: ビュー方向の平滑化

データ処理装置 60 の第 1 のフィッティング手段 204 はさらに、投影情報 603 を用いてビュー方向の平滑化を行う。これにより、図 6 に示す第 3 B 投影情報 604 が生成される。この投影情報では、1 つのチャンネルで生じるビューごとのばらつきに起因する投影情報値が平滑化される。図 8 (B) に第 3 B 投影情報の例を模式的に示した。1 つのチャンネルのビュー方向の周期的な投影情報値が平滑化される。

#### 【0049】

##### ステップ 6: 1 次の補正係数の算出

データ処理装置 60 の第 2 のフィッティング手段 205 は、第 2 の投影情報および第 3 B 投影情報から一次の補正係数を求める。ここで、チャンネル番号が  $i$  の第 2 の投影情報の投影情報値を  $S(j)$ 、第 3 B 投影情報の投影情報値を  $F(j)$  とする。

そして、すべてのビュー番号での投影情報値を、横軸を  $S(j)$ 、縦軸を  $F(j)$  として図示すると図 9 (A) に示す様に、概ね原点を通る直線上に配列する。この直線をチャンネル  $i$  の補正係数とする。

図 9 (A) はファントムが 1 個のときの第 2 の投影情報の投影情報値  $S(j)$  と第 3 B 投影情報の投影情報値  $F(j)$  との関係を示すグラフである。

この補正係数は、記憶装置 66 に補正係数情報 605 として保存される。なお、この補正係数の傾きを  $K_i$  とすると下記式で表すことができる。

#### 【0050】

$$F(j) / S(j) \doteq K_i$$

#### 【0051】

被検体から得られる B H 補正後のチャンネル  $i$  の投影情報値  $I_c$  にこの補正係数  $K_i$  を乗算すると下記となる。

## 【0052】

$$I_p = I_c \cdot K_i$$

## 【0053】

その結果、被検体の平滑化された補正後の投影情報値  $I_p$  が得られる。

図9（A）に示した、投影情報値  $S(j)$  の大きさおよび値の取得範囲は、投影情報値の大きさが図3で示した断面が円形のファントム310を透過するX線の透過長さ  $l$ （エル）に比例するので、断面が円形のファントム310の径およびボア29内のファントム位置に依存する。

## 【0054】

ステップ7：精度向上か否かの判定

データ処理装置60の判定手段206は、補正係数の精度を向上するかどうかを判定する。補正係数の精度向上を計る場合には、オペレータが断面が円形で異なる径の断面が円形のファントムを、ボア29内の撮像中心から異なる位置に配置し、ステップ1～6の処理を再開し、新たなファントムについて新たな補正係数を取得する。

## 【0055】

図9（B）に、2つの直径が異なる断面が円形のファントムを用いた場合に求められる補正係数の例を示す。ファントムの径およびファントムの位置からX線ビームの透過長さが決まり、投影情報値  $S(j)$  も決まる。従って、断面が円形のファントムの直径を  $A$ 、 $B$  として、 $A < B$  とすると、概ね図9（B）に示す様に、ファントムAの投影情報値は、領域Aに存在し、ファントムBの投影情報値は、領域Bに存在する。そして、これら領域の投影情報値から、補正手段203によって補正係数を求めることができる。

## 【0056】

ステップ8：高次のフィッティング

複数のファントムを用いて上述した処理を行なって、補正係数の精度上十分なデータが取得された場合には、データ処理装置60の高次フィッティング手段207は、取得された領域ごとの補正係数に対して高次関数のフィッティングを行う。図10に、図9（B）に示されたファントムAおよびBの補正係数を用いた

場合の例を示す。高次フィッティング手段207は、領域Aの補正係数Aの値および領域Bの補正係数Bの値に対して、たとえば、以下の3次のフィッティング関数をフィッティングし、補正係数K0、K1およびK2を決定する。

【0057】

$$I_f = K_0 \cdot S(j) + K_1 \cdot S(j)^2 + K_2 \cdot S(j)^3 \quad (2)$$

【0058】

この際、投影情報値の小さい領域Aの補正係数は、投影情報値の大きい領域Bの補正係数より精度が高いと考えられるので、高次フィッティング手段207は領域ごとに重み付けを行い、領域Aでより高精度にフィッティングするように式(2)の補正係数を決めることもできる。

【0059】

#### ステップ9：補正係数の保存

データ処理装置60の高次フィッティング手段207は、補正係数K0、K1およびK2の値からなる高次補正係数情報606を記憶装置66に保存し、処理を終了する。

【0060】

#### ステップ10：表示

被検体の撮像を行う際には、データ処理装置60の最終補正処理手段208が、被検体のBH補正が行われた投影情報値Icに対して、各チャンネルごとの補正係数K0、K1およびK2を用いて、式(2)から補正された投影情報値Ifを求める。

これら投影情報値Ifを、画像再構成手段209により、画像の再構成を行い断層画像情報を取得して、表示装置68および／または撮影テーブル4の表示部に表示する。

【0061】

上述したように、第1実施の形態においては、異なる径の断面が円形のファントムを撮像中心からずれた位置に配置して、X線ビームの透過長さがビューごとに異なり、従って、投影情報値もビューごとに異なる投影情報を各チャンネルで取得することとしているので、BH補正後に行うこの投影情報値のチャンネルごとの

補正で、補正係数を高次関数で近似し、非線形成分をも考慮した補正を行うことができ、さらに少ない数のファントムデータでも高精度な補正係数を求めることができるので、オペレータの校正処理にかかる時間的および肉体的負担を軽減することができる。

#### 【0062】

上述した方法は、式(2)を用いて3次関数でフィッティングを行ったが、2次あるいは4次以上の高次関数でフィッティングすることもできる。

#### 【0063】

また、本実施の形態では、図4のステップ6を参照して述べたでサイノグラムごとに一次の補正係数をもとめることとしたが、サイノグラムごとの第2の投影情報602および第3の投影情報604に対して高次関数をフィッティングし、一次の補正係数を求めずに高次の補正係数を求めることもできる。

#### 【0064】

本発明の第1実施の形態によれば、撮像領域の撮像中心からずれた位置に配置される1つあるいは複数の異なる径を有する断面が円形のファントムの第1の投影情報を、すべてのビューで撮影して、1つあるいは複数のサイノグラムを取得し、ビームハードニング補正手段により、第1の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第2の投影情報を生成し、第1のフィッティング手段により、第2の投影情報に第1の関数フィッティングを行って第3の投影情報を生成し、第2のフィッティング手段により、第2の投影情報を構成する各チャンネルで、すべてのビューの第2の投影情報の値を独立変数とする第3の投影情報の値を第2の関数フィッティングを行って補正係数を求め、補正手段により、この補正係数から、撮像領域に載置される被検体の投影情報を補正することとしているので、ビューごとあるいはサイノグラムごとに第2の投影情報の値が異なるので、補正係数を関数フィッティングで求める際に、第2の投影情報の値の広い範囲で補正係数のフィッティングを行い、補正係数の精度を向上して画質の向上を計ることができ、あるいは、少ない数のファントムで高精度の補正係数を得ることで簡易に補正係数を求めることができる。

#### 【0065】

### 第 1 実施の形態の評価

断面が円形のファントム 3 1 0 を用いた第 1 実施の形態は、図 3 に図解したように、断面が円形のファントム 3 1 0 を透過する X 線の透過長さが方向によって異なるから、X 線検出器 2 4 にいたる X 線の透過強度が不均一である。たとえば、図 3 において、透過長さ 1 1 は透過長さ 1 2 より短い。

他方、人体の胸部および頭部は丸みを帯びた楕円状である。

もちろん、第 1 実施の形態においても、断面が円形のファントム 3 1 0 を透過する X 線の透過距離が異なっても不正確にならないように、X 線管 2 0 から照射された X 線はボータイルフィルタ 2 1 によって X 線検出器 2 4 に入射する X 線の強度が均一化されるように調整できるが、精度を高めるにはボータイルフィルタ 2 1 も種々の形状のものを交換して、校正を行なう必要がある。

第 1 実施の形態において述べたように、高精度の補正を行うために、撮像中心に配置される F O V（撮像領域）全体を概ね覆う直径で、かつ直径の異なる複数の円筒形状のファントムを撮像し、これらファントムの投影情報から補正係数の補正を精密化した。

#### 【 0 0 6 6 】

このように、第 1 実施の形態の方法を行なうと、作業時間とオペレータの労力が増大する。したがって、B H 効果のチャンネルごとの補正を、簡易にしかも非線形効果も考慮して精密化できる、さらなるビームハードニング後処理方法および X 線 C T 装置をいかに実現するかが重要となる。第 2 実施の形態以降は、上述した第 1 実施の形態の不具合を改善する方法を述べる。

#### 【 0 0 6 7 】

### 第 2 実施の形態

第 2 実施の形態として、図 1 1 に図解したように、断面が楕円のファントム 3 2 0 を X 線管 2 0 と X 線検出器 2 4 との間のボア 2 9 内の撮像領域に配置し、この断面が楕円のファントム 3 2 0 について B H 補正を行い、補正係数を算出する方法について述べる。図 1 1 は第 1 実施の形態の図 3 に対応している。

断面が楕円のファントム 3 2 0 は人体の胸部の断面に近似している。ファントム 3 2 0 の材質は、第 1 実施の形態として述べた断面が円形のファントム 3 1 0

と同様である。

第1実施の形態と第2実施の形態との相違は、断面が円形のファントム310を断面が楕円のファントム320に代えたことである。

第2実施の形態においても、適用するX線CT装置は図1に図解したものと同様とする。したがって、図1を参照してX線CT装置について述べることは割愛する。

第2実施の形態においても、図2を参照して述べた、データ処理装置60の構成も第1実施の形態と同様である。すなわち、データ処理装置60は、データ収集手段201、前処理手段202、BH補正手段203、第1のフィッティング手段204、第2のフィッティング手段205、判定手段206、高次フィッティング手段207、最終補正処理手段208オペレータ画像再構成手段209を有する。

#### 【0068】

##### 校正方法

ファントムが断面が楕円のファントム320に代わったことを除いて、図2に図解したデータ処理装置60の各手段が行なう処理は、図4を参照して第1実施の形態と同様である。その概要を述べる。

#### 【0069】

ステップ1: オペレータが被検体が位置すると同様の撮像領域の撮像中心部分で、X線管20とX線検出器24との中心線に断面が楕円のファントム320を位置させる。なお、断面が楕円のファントム320は、X線管20からX線検出器24に至る扇状に拡散しているX線の範囲で、X線検出器24の端部において、断面が楕円のファントム320を透過しないX線もX線検出器24で検出されるように配置する。

データ処理装置60のデータ収集手段201は、断面が楕円のファントム320についての第1の投影情報を、多方向からの複数ビューで撮影して1つのサイノグラムを取得する。

データ収集手段201で算出した撮影情報の特性（プロファイル）は、もちろん、断面が円形のファントム310についての図5（A）～（C）に例示したも

のとは異なり、断面が楕円のファントム 320 についてのものとなる。

【0070】

ステップ 2：必要に応じて、データ処理装置 60 の前処理手段 202 が、第 1 撮影情報に第 1 実施の形態と同様の前処理を行なう。

【0071】

ステップ 3：データ処理装置 60 の B H 補正手段 203 が、第 1 実施の形態と同様、前処理された第 1 の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第 2 の投影情報を生成する。(1) 式における係数  $B_0 \sim B_3$  の値は第 1 実施の形態の値とはもちろん異なるが、補正式は同じである。

【0072】

ステップ 4～5：データ処理装置 60 の第 1 のフィッティング手段 204 が、第 1 実施の形態同様、チャンネル方向およびビュー方向の平滑処理を行なう。

【0073】

ステップ 6：データ処理装置 60 の第 2 のフィッティング手段 205 が、第 1 実施の形態同様、1 次の補正係数を求める。

【0074】

ステップ 7：オペレータは必要に応じて、図 12 (A) ～ (B) に例示したように、楕円率などの異なる複数の断面が楕円のファントムについて、あるいは、図 13 (A) ～ (C) に例示したように、寸法、形状、材料の異なる複数の断面が楕円のファントムについて、上記処理を反復するか否かを指示する。判定手段 206 はそのような要求があるか否かを判定する。

なおこのような、断面が楕円のファントム 320 としては、X 線 CT 装置で特に診断を行なう部位、被検体の体型に類似する形状のものを複数用いることができる。

【0075】

ステップ 8：複数の断面が楕円のファントムについて上記処理を終了したのち、データ処理装置 60 の高次フィッティング手段 207 が複数組の補正係数をフィッティングして、最終的な補正係数を算出する。

【0076】

ステップ9：最終補正処理手段208が撮影情報について最終的な補正係数を用いて補正する。

ステップ10：データ処理装置60の画像再構成手段209が補正された画像を再校正して表示装置68などに表示する。

#### 【0077】

第2実施の形態の断面が楕円のファントム320は被検体である人体の胸部、頭部などと形状が類似しているので、第1実施の形態の断面が円形のファントム310を用いたときに得られる補正係数よりさらに正確な補正係数を得ることが出来る。

また、図12(A)～(B)、図13(A)～(C)に例示したように、種々の断面が楕円のファントムについて補正係数を求めているので、種々の条件の被検体、たとえば、大人か子供、女性か男性、肥満体かやせ型、同じ被検体について頭部、胸部、胸部、脚部などについて、統一して適用可能な補正係数を算出することができる。

#### 【0078】

##### 変形態様

なお、上述した実施の形態において、種々のファントムについて反復処理するして、その結果に基づいて、ステップ8において高次フィッティング手段207が高次のフィッティングをする場合について述べたが、断面が楕円のファントムの形状、材質に合わせて、個別の補正係数を算出して、記憶装置66に保存しておくこともできる。

そして、X線CT装置において、被検体の位置、たとえば、頭部、胸部、胸部、脚部などに応じて撮影情報の補正に使用できるようにしてもよい。同様に、胸部、胸部などについても、大柄な被検体、肥満体の被検体など、被検体の条件に応じて、補正係数を選択して使用することもできる。また、被検体が子供か大人かなどに応じて選択して補正係数を使用することもできる。

#### 【0079】

##### 第3実施の形態

第3実施の形態として、図14に図解したように、断面が厚さが均一な環状の



(扇型) ファントム 330 を X 線管 20 と X 線検出器 24 との間のボア 29 内の撮像領域に配置し、このファントム 330 について B H 補正を行い、補正係数を算出する方法について述べる。図 14 は第 1 実施の形態の図 3 に対応している。

断面が厚さが均一な環状の(扇型) ファントム 330 の材質は、第 1 実施の形態として述べた断面が円形のファントム 310 と同様である。

第 1 実施の形態と第 2 実施の形態との相違は、断面が円形のファントム 310 を断面が断面が厚さが均一な環状の(扇型) ファントム 330 に代えたことである。

第 3 実施の形態においても、適用する X 線 C T 装置は図 1 に図解したものと同様とする。したがって、図 1 を参照して X 線 C T 装置について述べることは割愛する。

第 3 実施の形態においても、図 2 を参照して述べた、データ処理装置 60 の構成も第 1 実施の形態と同様である。すなわち、データ処理装置 60 は、データ収集手段 201、前処理手段 202、B H 補正手段 203、第 1 のフィッティング手段 204、第 2 のフィッティング手段 205、判定手段 206、高次フィッティング手段 207、最終補正処理手段 208 オペレータ画像再構成手段 209 を有する。

#### 【0080】

##### 校正方法

断面が円形のファントム 310 が断面が楕円のファントム 330 に代わったことを除いて、図 2 に図解したデータ処理装置 60 の各手段が行なう処理は、図 4 を参照して第 1 実施の形態と同様である。その概要は第 2 実施の形態として述べたものと同様である。

#### 【0081】

ステップ 1: オペレータが被検体が位置すると同様の撮像領域の撮像中心部分で、X 線管 20 と X 線検出器 24 との中心線に断面が厚さが均一な環状の(扇型) ファントム 330 を位置させる。なお、ファントム 330 は、X 線管 20 から X 線検出器 24 に至る扇状に拡散している X 線の範囲で、X 線検出器 24 の端部において、ファントム 330 を透過しない X 線も X 線検出器 24 で検出されるよ

うに配置する。

データ処理装置 60 のデータ収集手段 201 は、ファントム 330 についての第 1 の投影情報を、多方向からの複数ビューで撮影して 1 つのサイノグラムを取得する。

断面が厚さが均一な環状の（扇型）ファントム 330 についてデータ収集手段 201 で算出した撮影情報の特性（プロファイル）は、もちろん、断面が円形のファントム 310 についての図 5（A）～（C）に例示したものとは異なり、断面が厚さが均一な環状の（扇型）ファントム 330 についてのものとなる。

#### 【0082】

ステップ 2：必要に応じて、データ処理装置 60 の前処理手段 202 が、第 1 撮影情報に第 1 実施の形態と同様の前処理を行なう。

#### 【0083】

ステップ 3：データ処理装置 60 の B H 補正手段 203 が、第 1 実施の形態と同様、前処理された第 1 の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第 2 の投影情報を生成する。（1）式における係数  $B_0 \sim B_3$  の値は第 1 実施の形態の値とはもちろん異なるが、補正式は同じである。

#### 【0084】

ステップ 4～5：データ処理装置 60 の第 1 のフィッティング手段 204 が、第 1 実施の形態同様、チャンネル方向およびビュー方向の平滑処理を行なう。

#### 【0085】

ステップ 6：データ処理装置 60 の第 2 のフィッティング手段 205 が、第 1 実施の形態同様、1 次の補正係数を求める。

#### 【0086】

ステップ 7：オペレータは必要に応じて、図 15（A）～（C）に例示したように厚さ、寸法、向きなどの異なる複数の断面が楕円のファントムについて、上記処理を反復するか否かを指示する。判定手段 206 はそのような要求があるか否かを判定する。

#### 【0087】

ステップ 8：複数の断面が厚さが均一な環状の（扇型）ファントム 330 につ

いて上記処理を終了したのち、データ処理装置 6 0 の高次フィッティング手段 2 0 7 が複数組の補正係数をフィッティングして、最終的な補正係数を算出する。

#### 【 0 0 8 8 】

ステップ 9：最終補正処理手段 2 0 8 が撮影情報について最終的な補正係数を用いて補正する。

ステップ 1 0：データ処理装置 6 0 の画像再構成手段 2 0 9 が補正された画像を再校正して表示装置 6 8 などに表示する。

#### 【 0 0 8 9 】

第 3 実施の形態によれば、第 2 実施の形態の断面が厚さが均一な環状の（扇型）ファントム 3 3 0 についても、正確な補正係数を得ることが出来る。

#### 【 0 0 9 0 】

##### 第 4 実施の形態

第 4 実施の形態は、第 1 の実施の形態におけるステップ 9 において断面が円形の種々のファントム 3 1 0 について求めた補正係数と、第 2 実施の形態におけるステップ 9 において断面が楕円の種々のファントム 3 2 0 について求めた補正係数とから、これらの共通する総合的な補正係数を求めるため、図 1 6 に図解したように、データ処理装置 6 0 に総合補正係数算出手段 2 1 0 を付加する。

総合補正係数算出手段 2 1 0 における総合的な補正係数の算出方法としては、たとえば、断面が円形の種々のファントム 3 1 0 について求めた補正係数と、断面が楕円の種々のファントム 3 2 0 について求めた補正係数との平均値をとることができる。あるいは、所定の重み付け係数を乗じた上で、その和をとることができる。

総合補正係数算出手段 2 1 0 によってこのように算出された総合補正係数は記憶装置 6 6 に保存され、最終補正処理手段 2 0 8 において撮影情報の補正に使用できる。

#### 【 0 0 9 1 】

第 4 実施の形態によれば、さらに種々の条件の被検体について広く適用可能な補正係数を求めることができ、それを用いると、正確な撮影情報の補正が可能となる。

## 【 0 0 9 2 】

第 5 実施の形態

第 5 実施の形態は、第 4 実施の形態とは異なり、第 1 の実施の形態におけるステップ 9 において断面が円形の種々のファントム 3 1 0 について求めた補正係数と、第 3 実施の形態におけるステップ 9 において断面が厚さが均一な環状の（扇型）ファントム 3 3 0 について求めた補正係数とから、図 1 6 に図解した総合補正係数算出手段 2 1 0 により、これらの共通する総合的な補正係数を求める。

総合補正係数算出手段 2 1 0 における総合的な補正係数の算出方法としては、たとえば、断面が円形の種々のファントム 3 1 0 について求めた補正係数と、断面が厚さが均一な環状の（扇型）ファントム 3 3 0 について求めた補正係数との平均値をとることができる。あるいは、所定の重み付け係数を乗じた上で、その和をとることができる。

総合補正係数算出手段 2 1 0 によってこのように算出された総合補正係数は記憶装置 6 6 に保存され、最終補正処理手段 2 0 8 において撮影情報の補正に使用できる。

## 【 0 0 9 3 】

第 5 実施の形態によれば、さらに種々の条件の被検体について広く適用可能な補正係数を求めることができ、それを用いると、正確な撮影情報の補正が可能となる。

## 【 0 0 9 4 】

第 6 実施の形態

第 6 実施の形態は、第 4、第 5 実施の形態とは異なり、第 1 の実施の形態におけるステップ 9 において断面が楕円の種々のファントム 3 2 0 について求めた補正係数と、第 3 実施の形態におけるステップ 9 において断面が厚さが均一な環状の（扇型）ファントム 3 3 0 について求めた補正係数とから、図 1 6 に図解した総合補正係数算出手段 2 1 0 により、これらの共通する総合的な補正係数を求める。

総合補正係数算出手段 2 1 0 における総合的な補正係数の算出方法としては、たとえば、断面が楕円のファントム 3 2 0 について求めた補正係数と、断面が厚

さが均一な環状の（扇型）ファントム 3 3 0 について求めた補正係数との平均値をとることができる。あるいは、所定の重み付け係数を乗じた上で、その和をとることができる。

総合補正係数算出手段 2 1 0 によってこのように算出された総合補正係数は記憶装置 6 6 に保存され、最終補正処理手段 2 0 8 において撮影情報の補正に使用できる。

#### 【 0 0 9 5 】

第 6 実施の形態によれば、さらに種々の条件の被検体について広く適用可能な補正係数を求めることができ、それを用いると、正確な撮影情報の補正が可能となる。

#### 【 0 0 9 6 】

##### 第 7 実施の形態

第 7 実施の形態は、第 1 の実施の形態におけるステップ 9 において断面が円形のファントム 3 1 0 について求めた補正係数と、第 2 の実施の形態におけるステップ 9 において断面が楕円のファントム 3 2 0 補正係数と、第 3 実施の形態におけるステップ 9 において断面が厚さが均一な環状の（扇型）ファントム 3 3 0 について求めた補正係数とから、図 1 6 に図解した総合補正係数算出手段 2 1 0 により、これらの共通する総合的な補正係数を求める。

総合補正係数算出手段 2 1 0 における総合的な補正係数の算出方法としては、たとえば、断面が円形のファントム 3 1 0 について求めた補正係数と、断面が楕円のファントム 3 2 0 について求めた補正係数と、断面が厚さが均一な環状の（扇型）ファントム 3 3 0 について求めた補正係数との平均値をとることができる。あるいは、所定の重み付け係数を乗じた上で、その和をとることができる。

総合補正係数算出手段 2 1 0 によってこのように算出された総合補正係数は記憶装置 6 6 に保存され、最終補正処理手段 2 0 8 において撮影情報の補正に使用できる。

#### 【 0 0 9 7 】

第 7 実施の形態によれば、さらに種々の条件の被検体について広く適用可能な補正係数を求めることができ、それを用いると、正確な撮影情報の補正が可能と

なる。

#### 【0098】

本発明の実施に際しては、上述した例示に限らず、種々の変形態様をとることができる。

#### 【0099】

##### 【発明の効果】

本発明によれば、被検体の形状、部位などに適した撮影情報の補正係数を求めることができる。そのような補正係数を用いて被検体の撮影情報を補正すれば、一層正確な断層映像が得られる。

また本発明によれば、種々の被検体に適用可能な補正係数を求めることができる。そのような補正係数を用いて被検体の撮影情報を補正すれば、種々の被検体について一層正確な断層映像が得られる。

##### 【図面の簡単な説明】

#### 【図1】

図1は本発明のCT装置の1実施の形態としてのX線CT装置の全体構成を示すブロック図である。

#### 【図2】

図2は図1に図解したX線CT装置におけるデータ処理装置の構成図である。

#### 【図3】

図3は図1に図解したX線CT装置における、第1実施の形態として断面が円形のファントムを用いた場合の、X線管と、X線検出器と断面が円形のファントムとの位置関係を示す図である。

#### 【図4】

図4は第1実施の形態としてのデータ処理装置の動作を示すフローチャートである。

#### 【図5】

図5（A）～（C）は第1実施の形態としての断面が円形のファントムを用いた場合のサイノグラムおよび投影情報値を示す図である。

#### 【図6】

図 6 は第 1 実施の形態としての図 1 に図解した記憶装置内のファイルを示すブロック図である。

【図 7】

図 7 (A)、(B) は第 1 実施の形態としての投影情報値のチャンネル方向の処理を示す図である。

【図 8】

図 8 (A)、(B) は第 1 実施の形態としての投影情報値のビュー方向の処理を示す図である。

【図 9】

図 9 (A)、(B) は第 1 実施の形態としての投影情報値の補正係数を示す図である。

【図 10】

図 10 は第 1 実施の形態としての投影情報値の第 2 のフィッティング関数を求める図である。

【図 11】

図 11 は図 1 に図解した X 線 CT 装置における、第 2 実施の形態として断面が楕円のファントムを用いた場合の、X 線管と、X 線検出器と断面が円形のファントムとの位置関係を示す図である。

【図 12】

図 12 (A) ~ (B) は、第 2 実施の形態の断面が楕円のファントムの種々の断面図である。

【図 13】

図 13 (A) ~ (C) は、第 2 実施の形態の断面が楕円のファントムの種々の断面図である。

【図 14】

図 14 は図 1 に図解した X 線 CT 装置における、第 3 実施の形態として断面が厚さが均一な環状の（扇型）ファントムを用いた場合の、X 線管と、X 線検出器と断面が円形のファントムとの位置関係を示す図である。

【図 15】

図 1 5 (A) ~ (C) は、第 3 実施の形態の断面が厚さが均一な環状の（扇型）ファントムの種々の断面図である。

【図 1 6】

図 1 6 は図 1 に図解した X 線 C T 装置におけるデータ処理装置の第 2 の構成図である。

【符号の説明】

2・・・走査ガントリ

2 0・・・X線管、2 1・・・ボータイルフィルタ、2 2・・・コリメータ

2 4・・・X線検出器、2 6・・・データ収集部、

2 8・・・X線コントローラ、2 9・・・ボア

3 0・・・コリメータコントローラ、3 4・・・回転部

3 6・・・回転コントローラ

4・・・撮影テーブル

6・・・操作コンソール

6 0・・・データ処理装置

2 0 1・・・データ収集手段

2 0 2・・・前処理手段

2 0 3・・・B H補正手段

2 0 4・・・第 1 のフィッティング手段

2 0 5・・・第 2 のフィッティング手段

2 0 6・・・判定手段

2 0 7・・・高次フィッティング手段

2 0 8・・・最終補正処理手段

2 0 9・・・画像再構成手段

2 1 0・・・総合補正係数算出手段

6 2・・・制御インタフェース、6 4・・・データ収集バッファ

6 6・・・記憶装置、6 8・・・表示装置、7 0・・・操作装置

3 1 0・・・断面が円形のファントム

3 2 0・・・断面が楕円のファントム

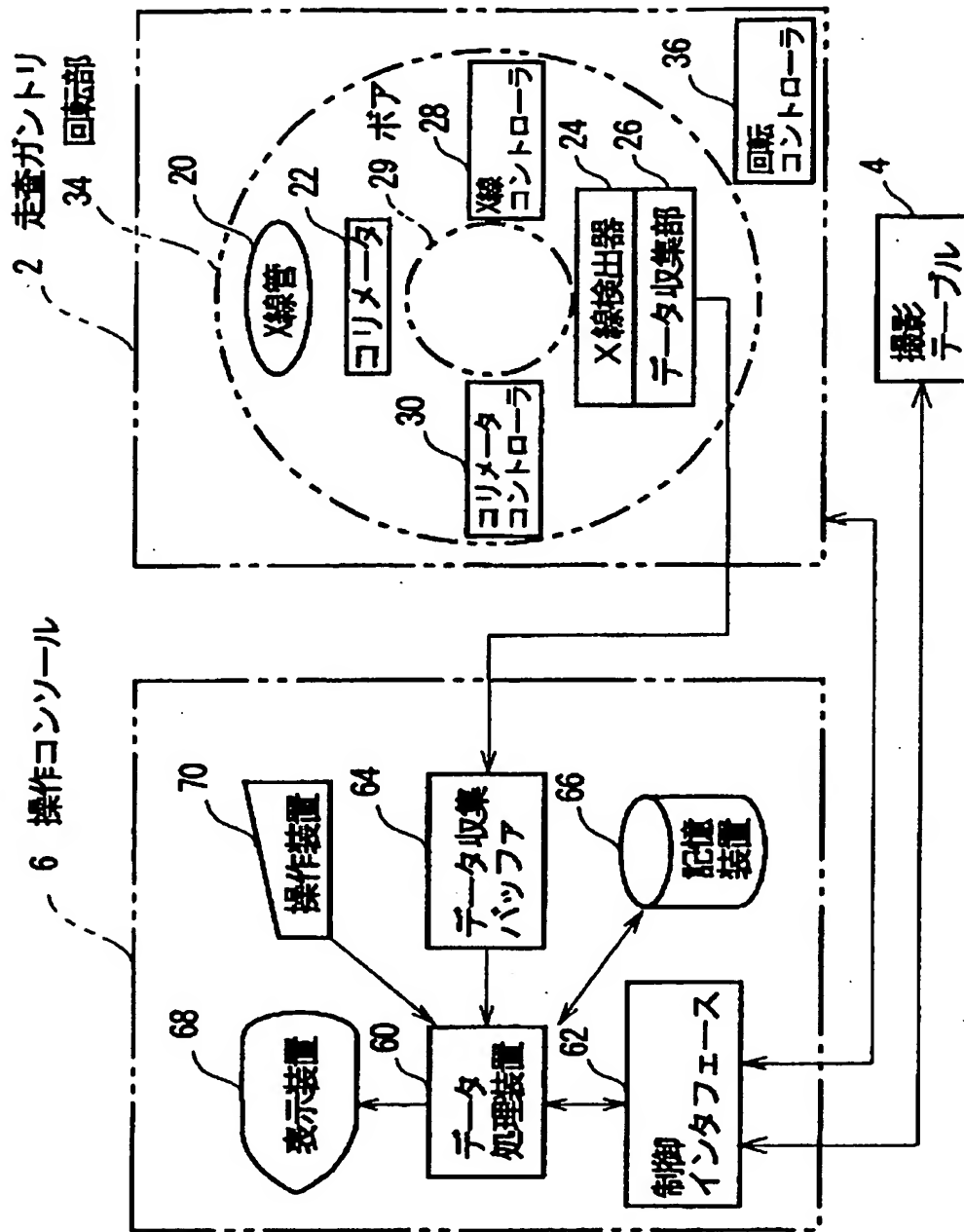


3 3 0 . . 断面が厚さが均一な環状の（扇型）ファントム  
6 0 1 . . 第 1 の投影情報、6 0 2 . . 第 2 の投影情報  
6 0 3 . . 第 3 A 投影情報、6 0 4 . . 第 3 B 投影情報  
6 0 5 . . 補正係数情報、6 0 6 . . 高次補正係数情報

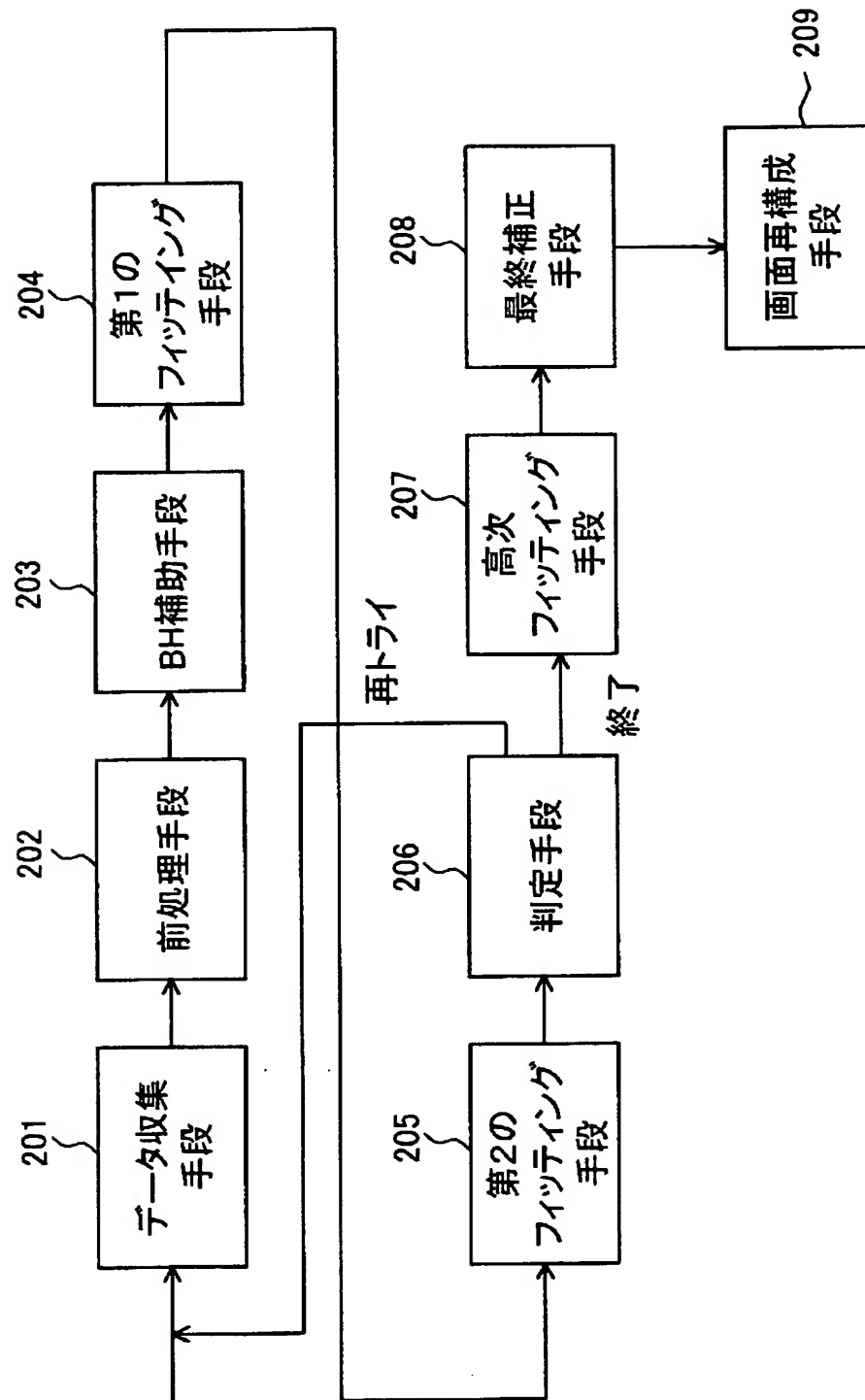
【書類名】

図面

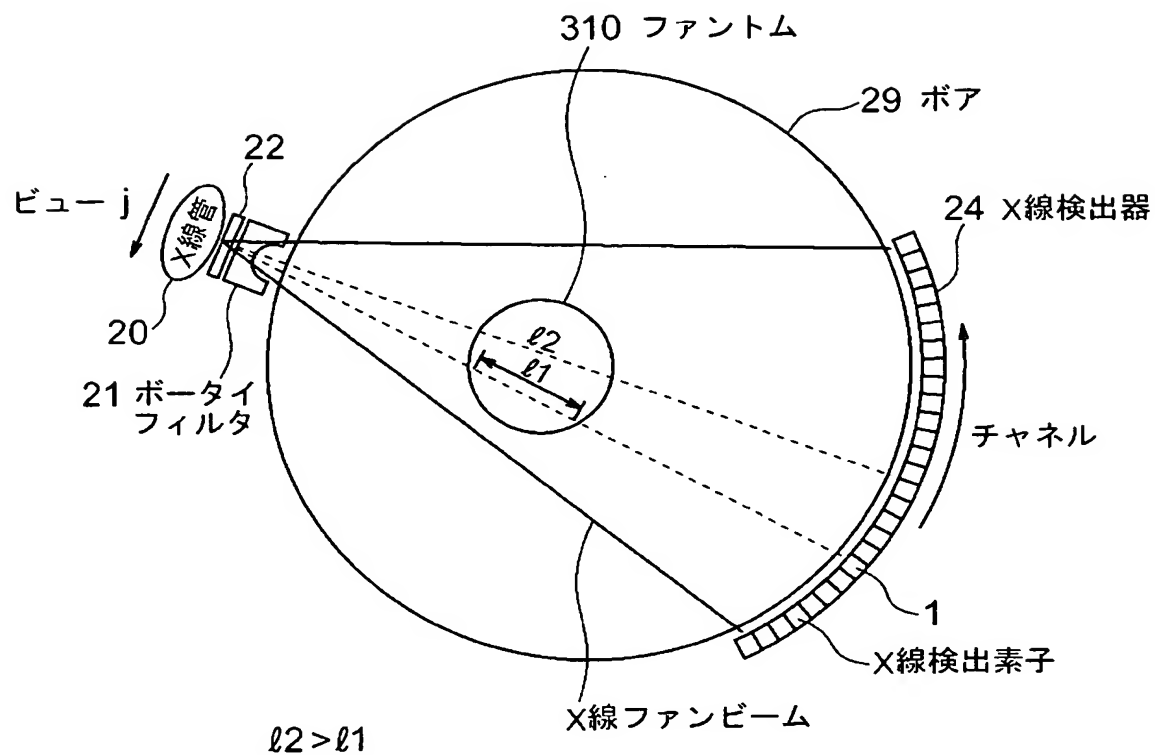
【図 1】



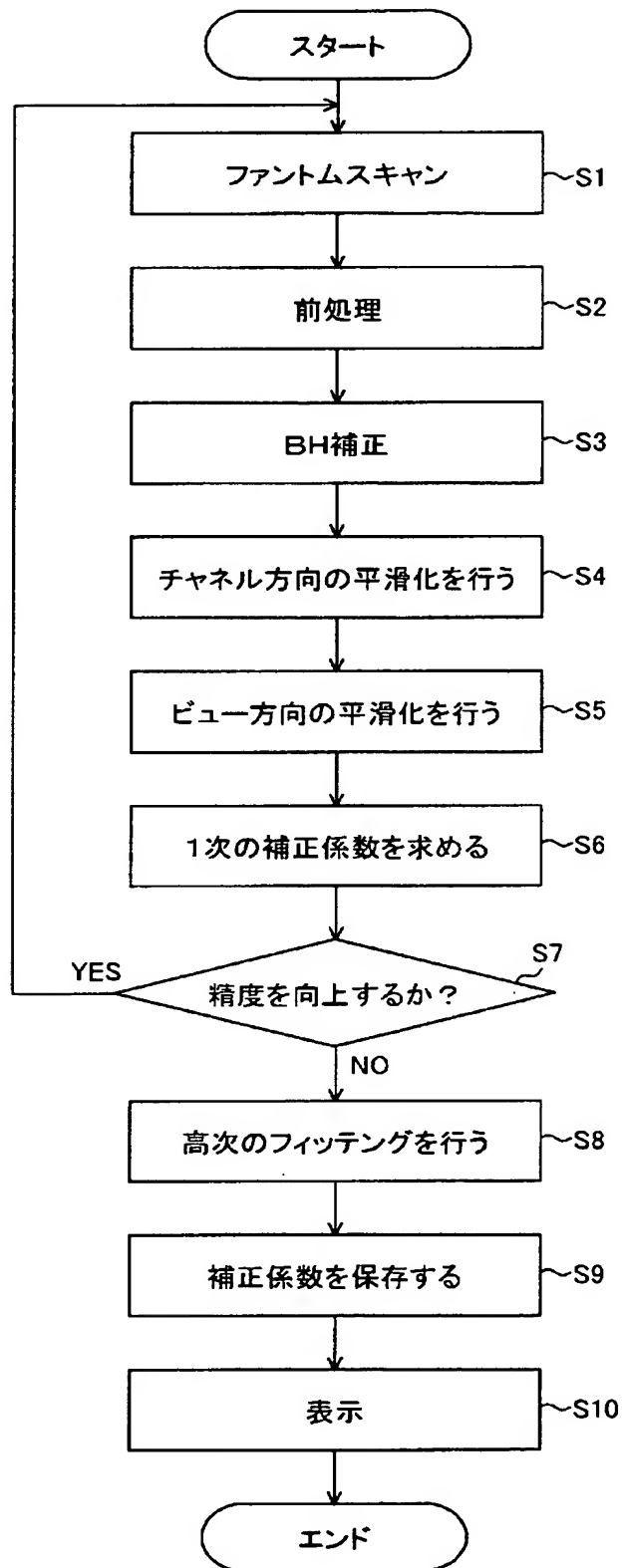
【図 2】



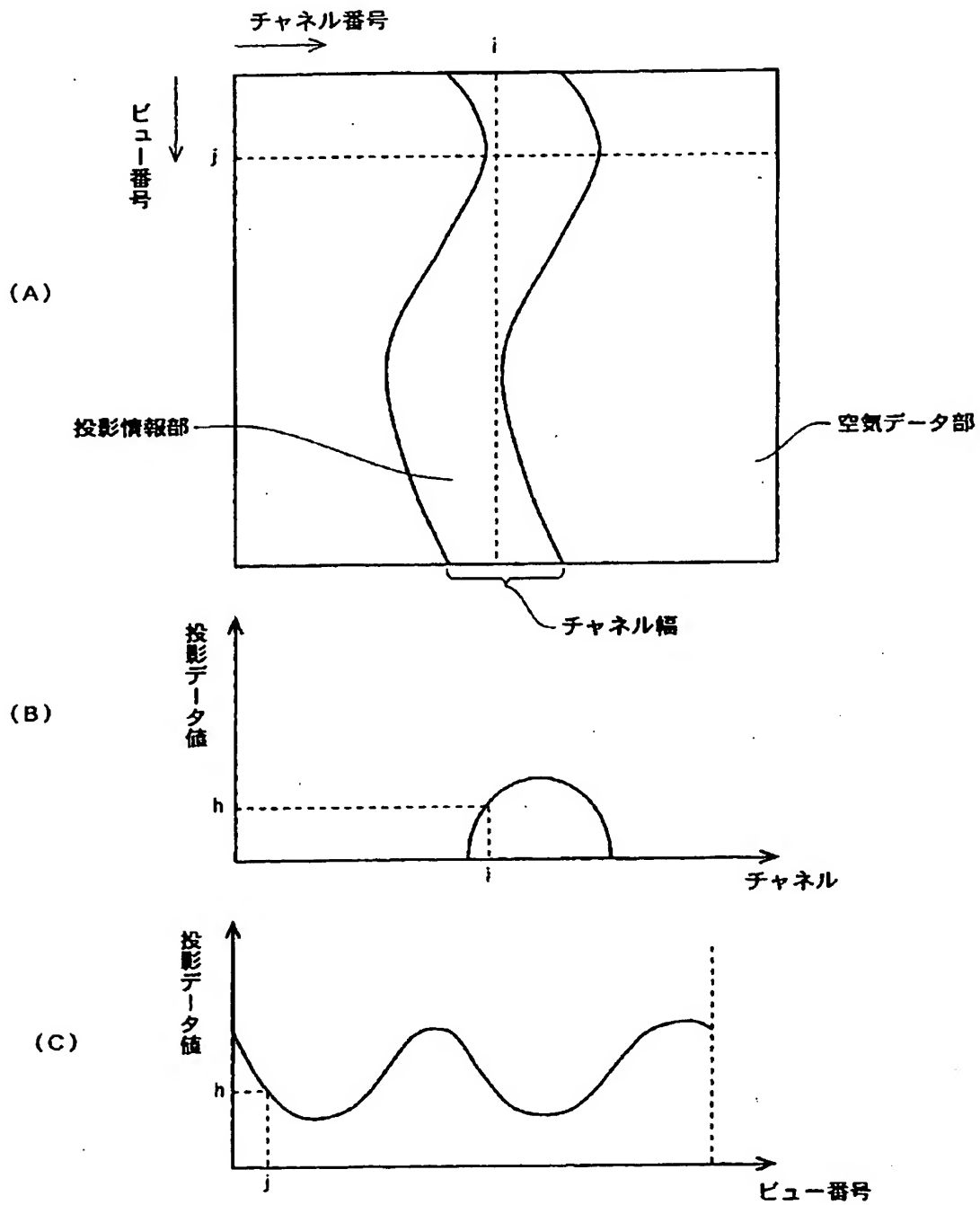
【図 3】



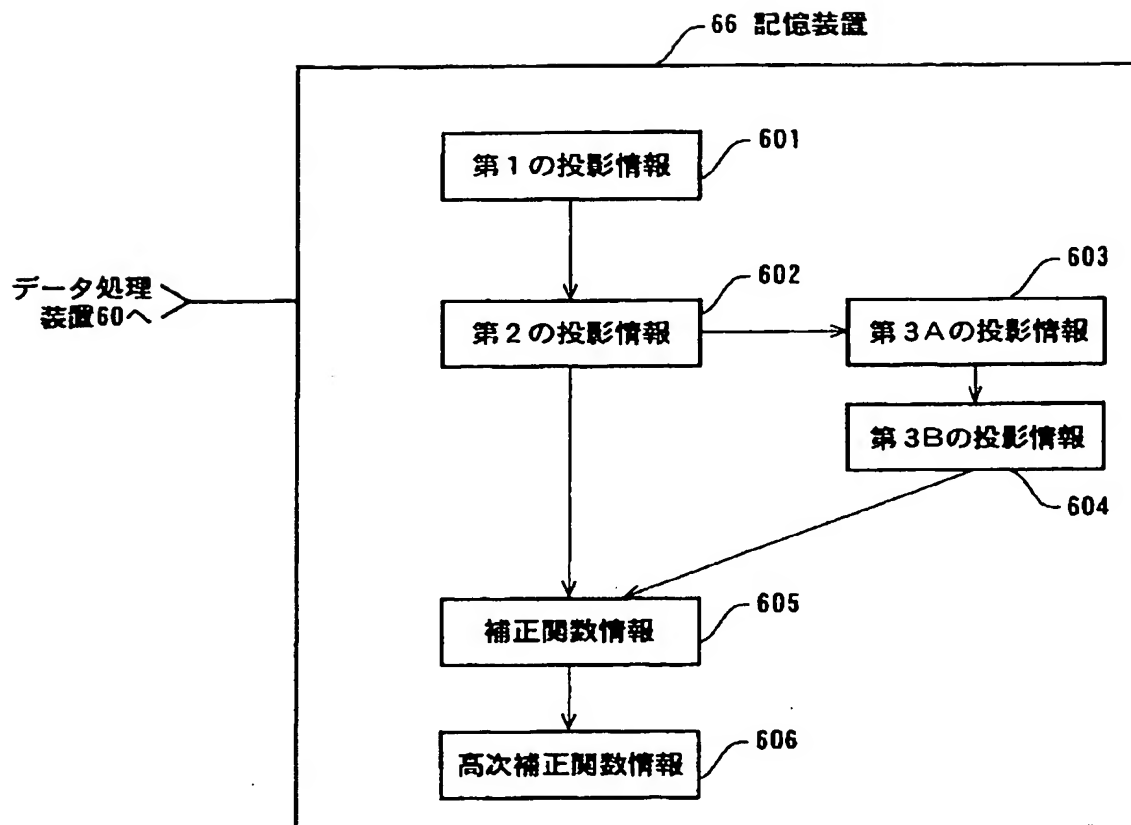
【図 4】



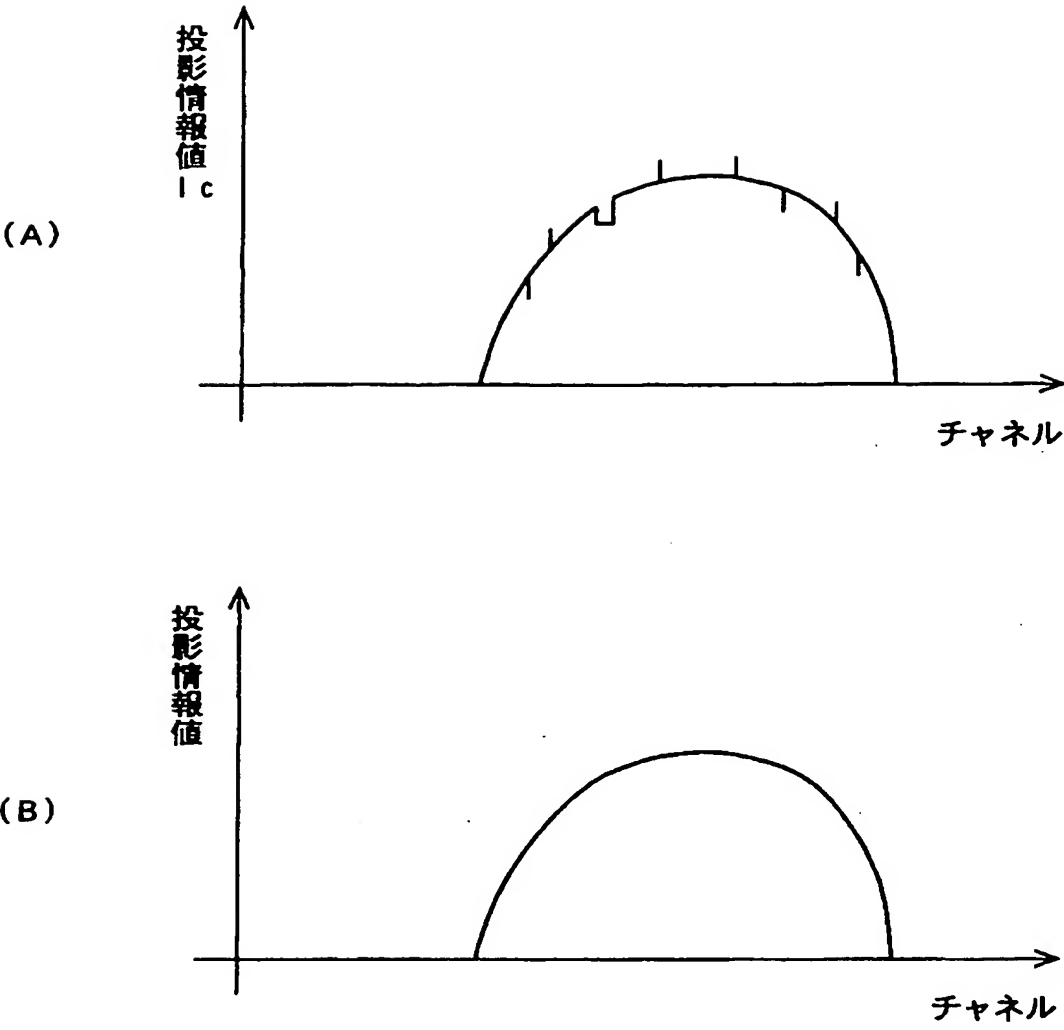
【図 5】



【図 6】

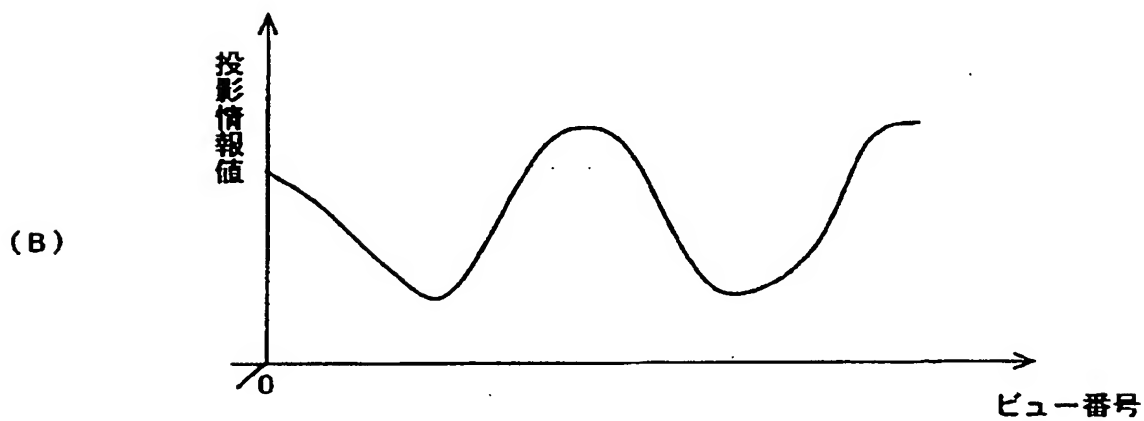
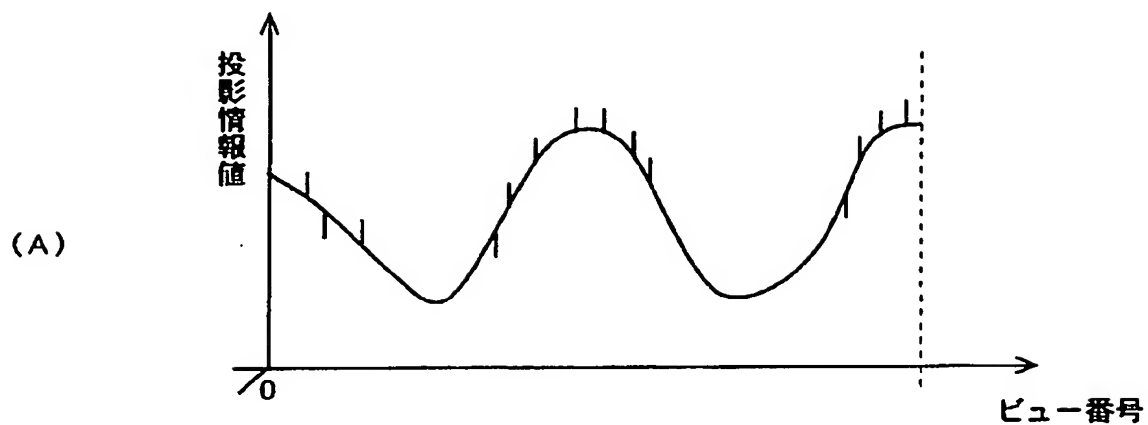


【図 7】

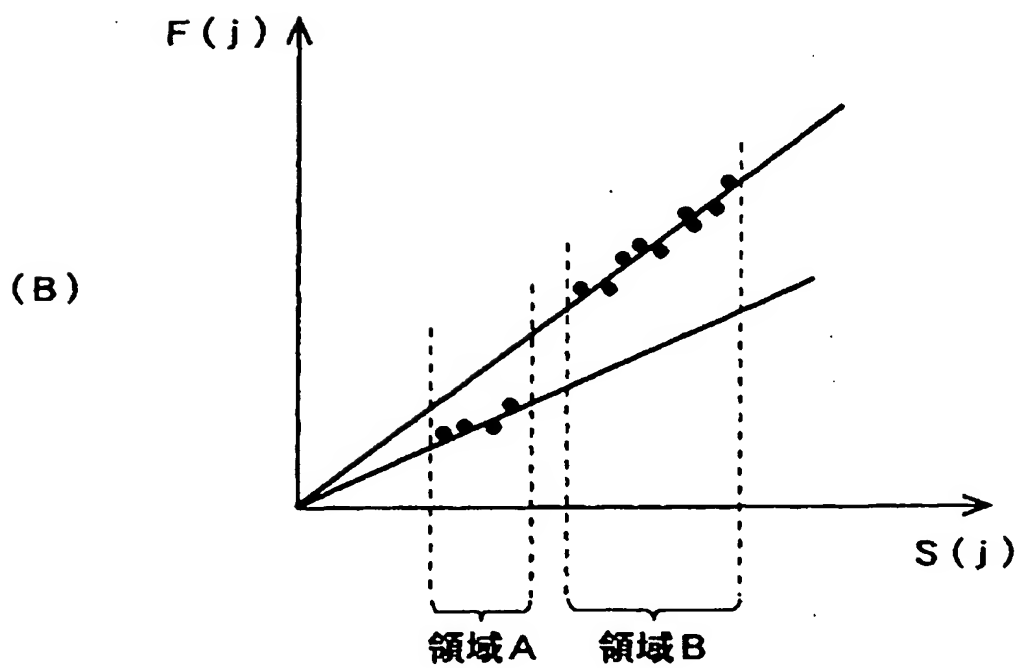
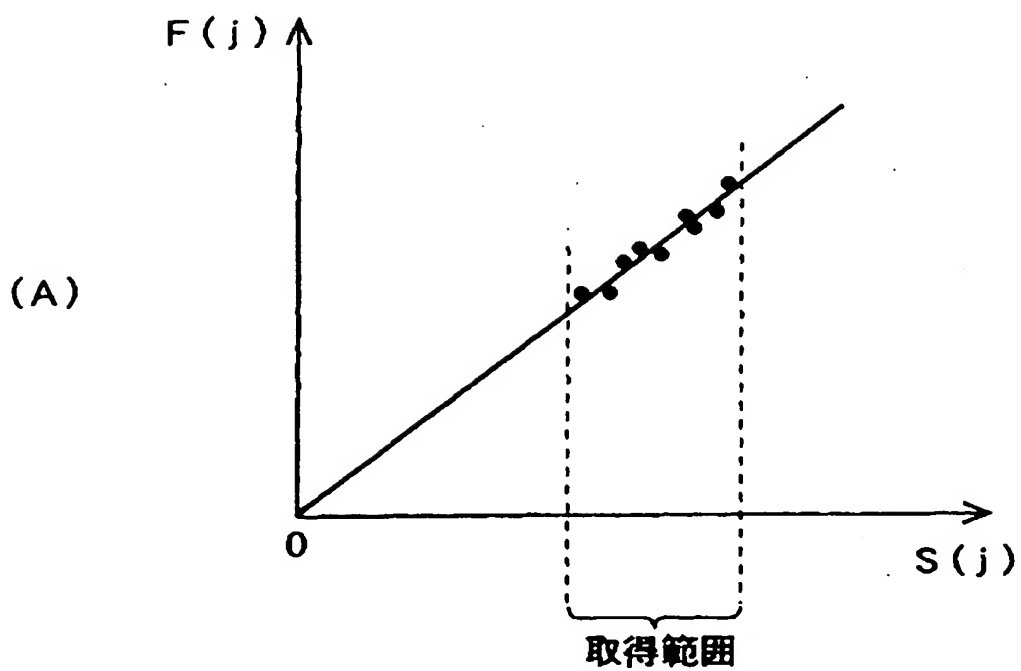




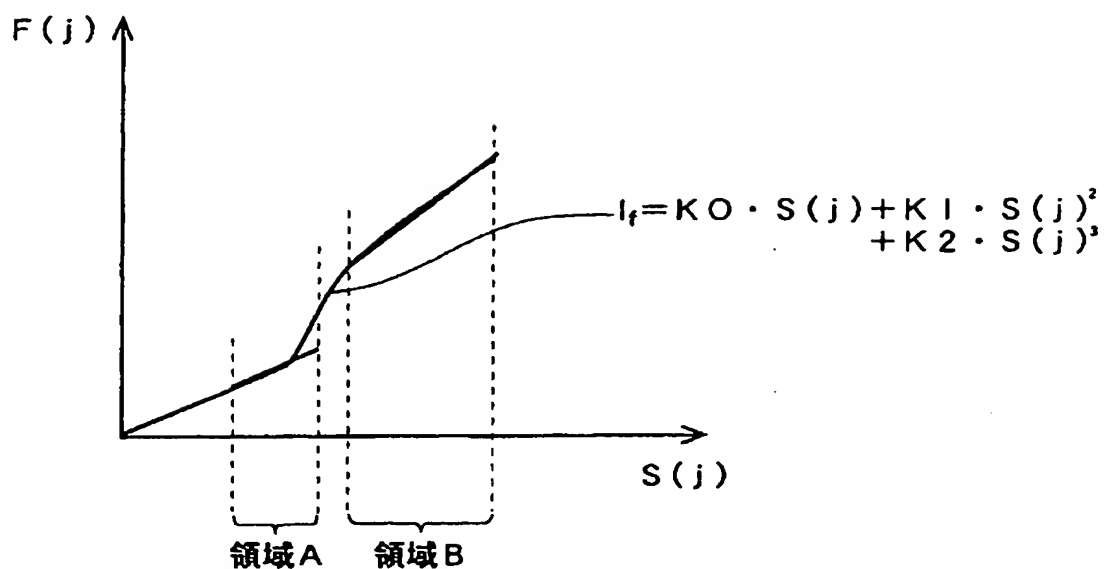
【図 8】



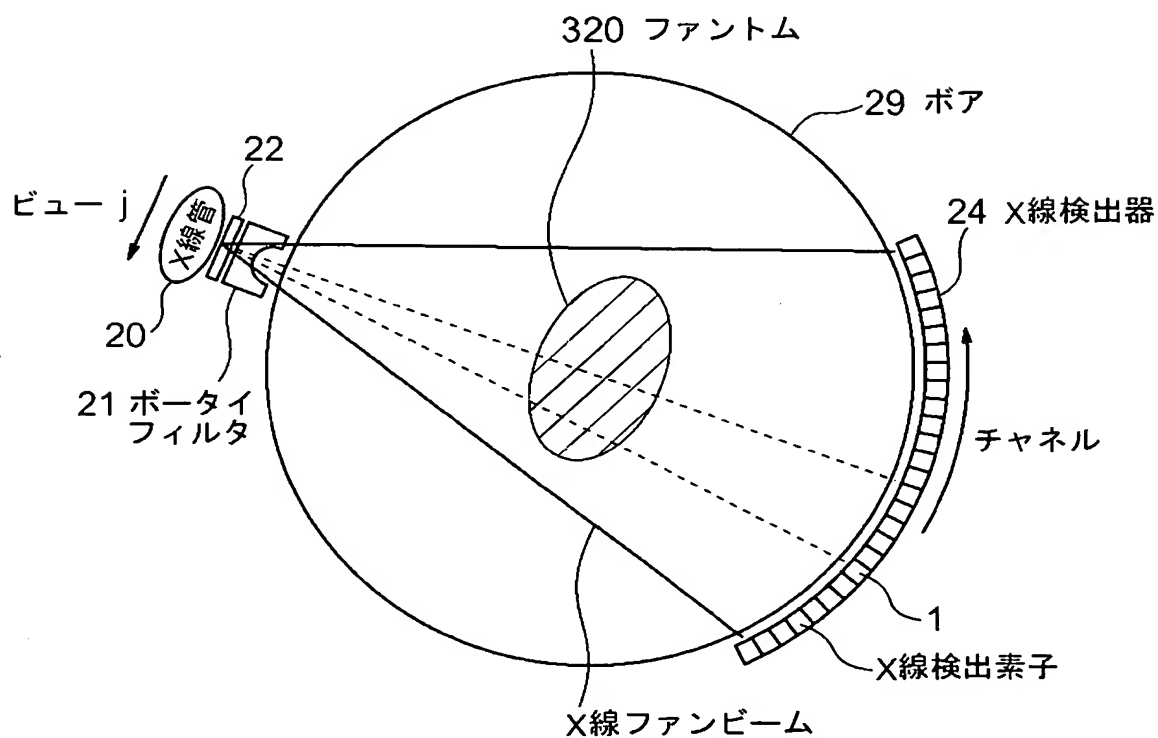
【図 9】



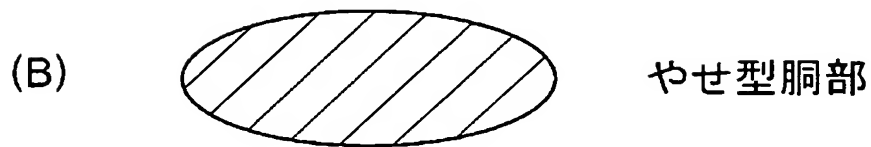
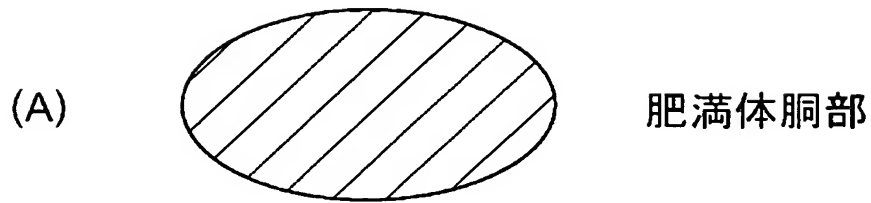
【図10】



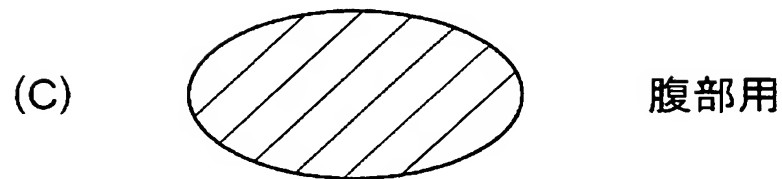
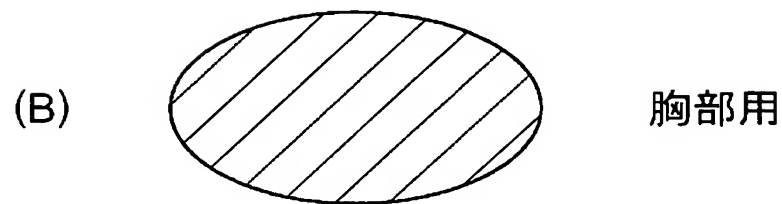
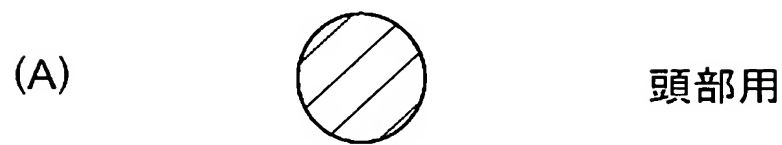
【図11】



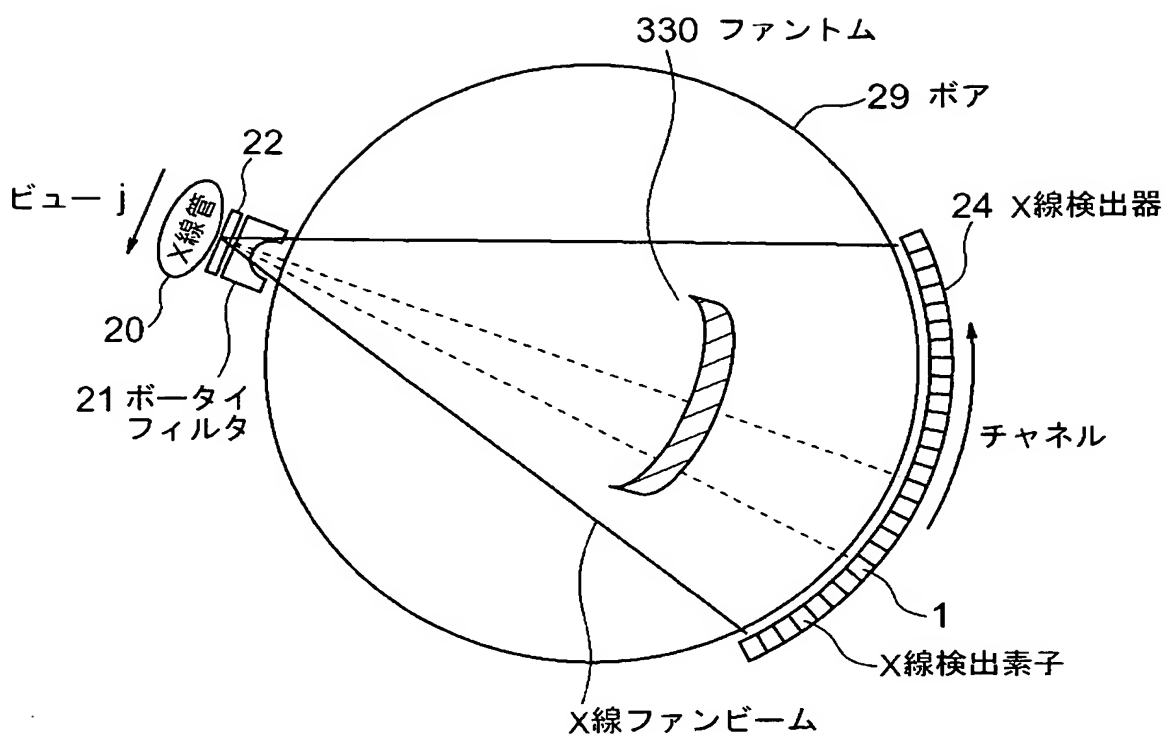
【図 1 2】



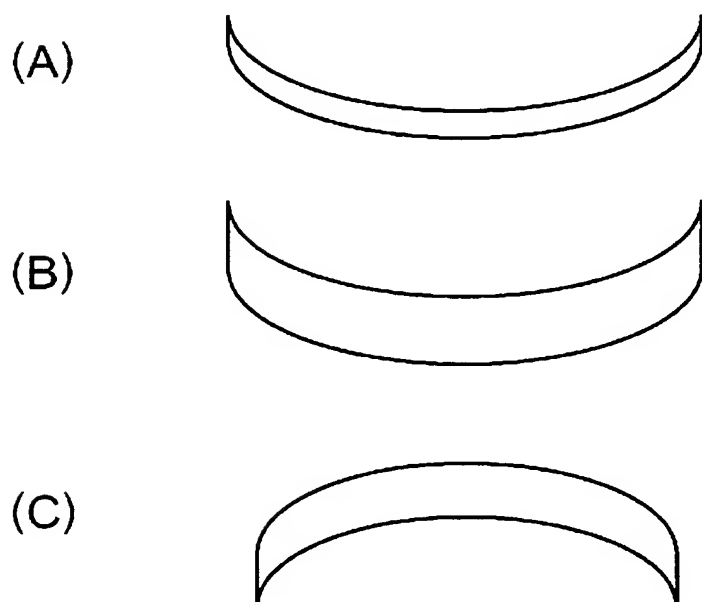
【図 1 3】



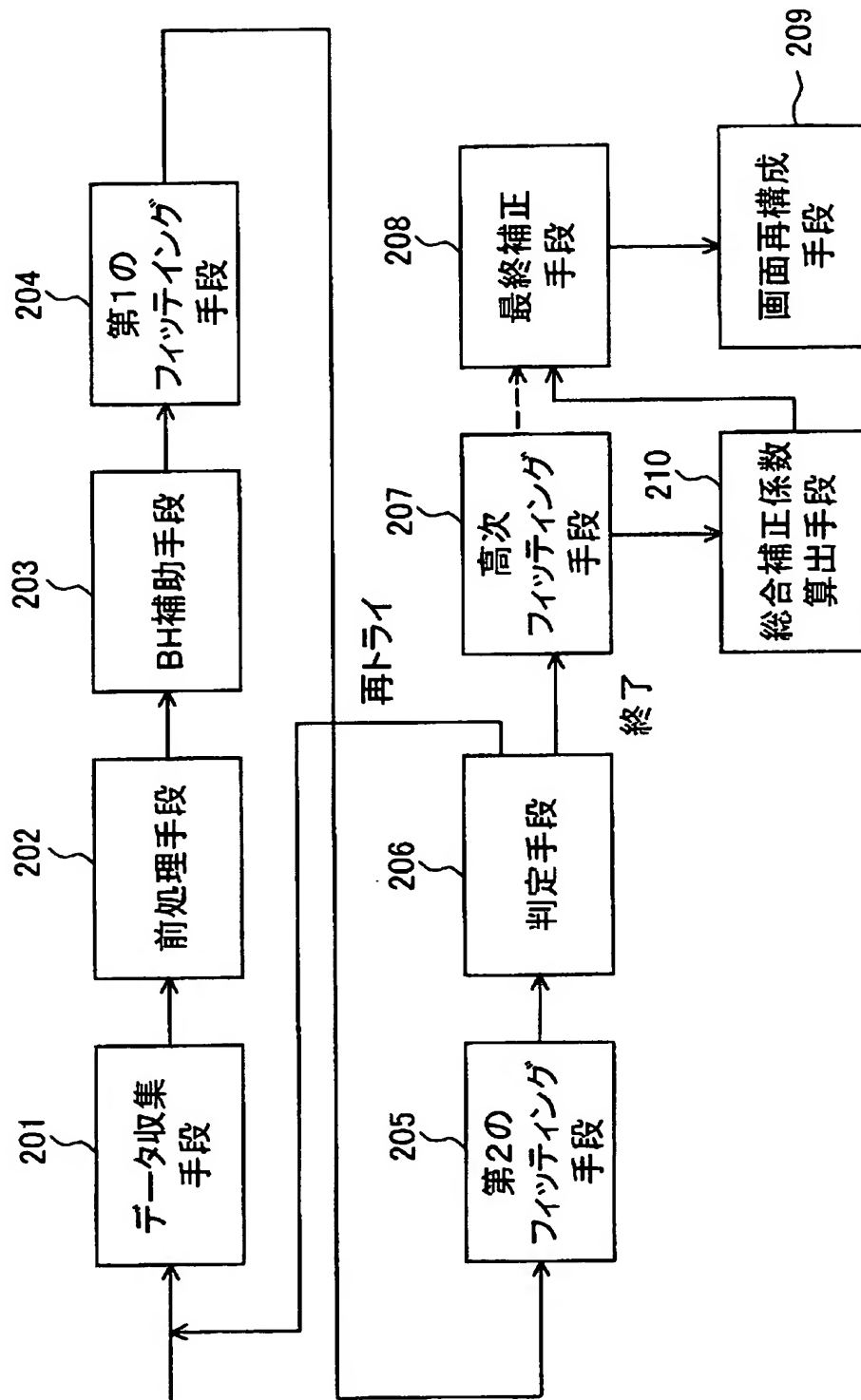
【図 14】



【図 15】



【図 16】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 より正確なビームハードニング（B H）補正係数を求める。

【解決手段】 X線C T装置において断面が楕円のファントム、または断面が厚さが均一な環状の（扇型）ファントム 3 3 0 を位置させて多方向から複数のビューを撮像し、該撮像結果を用いて被検体の撮影情報を補正する補正係数を算出する。

【選択図】 図 1 1

特願 2003-101277

出願人履歴情報

識別番号

[300019238]

1. 変更年月日

2000年 3月 1日

[変更理由]

新規登録

住 所

アメリカ合衆国・ウィスコンシン州・53188・ワウケシャ  
・ノース・グランドヴュー・ブールバード・ダブリュー・71  
0・3000

氏 名

ジーイー・メディカル・システム・グローバル・テクノロジー  
・カンパニー・エルエルシー

2. 変更年月日

2000年 3月 15日

[変更理由]

名称変更

住 所

アメリカ合衆国・ウィスコンシン州・53188・ワウケシャ  
・ノース・グランドヴュー・ブールバード・ダブリュー・71  
0・3000

氏 名

ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・テクノロジー  
・カンパニー・エルエルシー